

Trabajo de Fin de Máster

**Máster en Ingeniería Industrial especialidad en
Organización Industrial**

**Mejora en los inicios de lote de
producción de depósitos de
combustible para automóviles**

MEMORIA

Autor: Josep Maria Ballarin Nasarre
Director: Josep Esqué Rodríguez
Ponent: Manel Mateo Doll
Convocatoria: Junio 2018



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resumen

En este trabajo de fin de máster, se pone en práctica un proyecto de mejora continua siguiendo las etapas de la metodología DMAIC (Definir – Medir -Analizar – Implementar – Controlar). El proyecto trata de mejorar los inicios de lote de producción de depósitos de combustible para el automóvil. Dicha mejora será medida mediante los indicadores operacionales de merma y paros no planificados de una línea de producción. Por lo tanto, los objetivos del proyecto es reducir la merma y paros no planificados ocasionados en los inicios de lote de producción.

La memoria del proyecto contiene un análisis de cómo es una planta manufacturera del sector de la automoción, en términos de finanzas, de conocimiento del producto, de explicación del proceso de extrusión y soplado, de la descripción de la cadena de suministro referente una planta industrial perteneciente a un grupo empresarial de carácter internacional y sobre todo de una explicación de las herramientas de mejora continua de la cultura japonesa.

Una vez se familiariza con el entorno de una planta industrial del sector de la automoción, se procede a diagnosticar las posibles causas que ocasionan ineficiencias en los inicios de lote. De esta manera, se plantean varias contramedidas atacando no únicamente cuestiones puramente técnicas, sino también sistemas de gestión y coordinación de personal, siempre sujeto al enfoque ingenieril de la producción alineado con el equipo multidisciplinar del proyecto en cuestión.

Tras la etapa analizar del proyecto, se ha visto claramente que la mayoría de problemas que causan Paro No Planificado y Merma vienen por problemas ocasionados en la primera parte del proceso productivo de una línea de producción de extrusión y soplado. De hecho, es el área más compleja y por tanto de la que requiere una formación técnica superior al resto de áreas. También es dónde hay más elementos que son manipulados por varios equipos de personal y es aquí donde la comunicación entre ambos equipos es vital para el correcto desempeño en el alcance de los objetivos.

Finalmente, tras implementar las contramedidas propuestas se analizan los resultados obtenidos para contrastar su cumplimiento junto una justificación de ello.

Sumario

RESUMEN	3
SUMARIO	5
1. GLOSARIO	8
2. PREFACIO	10
2.1. Origen del proyecto	10
2.2. Motivación	10
3. INTRODUCCIÓN	11
3.1. Objetivos del proyecto	11
3.2. Alcance del proyecto	11
4. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	12
4.1. Entorno global	12
4.2. Situación financiera	15
4.2.1. Análisis de la estructura económica y evolución	15
4.2.2. Análisis de la estructura financiera y evolución	16
4.2.3. Análisis de la cuenta de pérdidas y ganancias.....	17
4.2.4. Análisis DAFO.....	18
4.3. Descripción del producto	19
4.3.1. Productos línea de producción S-12	20
4.3.2. Productos línea de producción S-22	22
4.4. Departamento de producción	24
4.5. Descripción del proceso de fabricación.....	25
4.5.1. Proceso de fabricación en la S-12	25
4.5.2. Proceso de fabricación en la S-22	33
4.6. Descripción de la cadena de suministro.....	45
4.6.1. Proveedores.....	45
4.6.2. Estructuración del mercado automovilístico	47
4.6.3. Clientes	47
4.6.4. Transporte.....	48
4.7. Filosofía del sector automovilístico.....	49
4.7.1. JIT (<i>Just In Time</i>)	50
4.7.2. Método Kanban.....	50
4.7.3. TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>).....	51
4.7.4. SMED (<i>Single-Minute Exchange of Die</i>)	52
4.7.5. Metodología de las 5S	53

4.7.6. Metodología DMAIC (<i>Six Sigma</i>)	54
5. ETAPAS DEL PROYECTO DE MEJORA (METODOLOGÍA DMAIC)_	55
5.1. Definir.....	56
5.1.1. Alcance del proyecto.....	56
5.1.2. Equipo de trabajo.....	58
5.1.3. Fuentes de información y planes de acción	58
5.2. Medir.....	59
5.2.1. Qué KPI se van a medir y con qué frecuencia	59
5.2.2. Comunicación y revisión del estado del proyecto	61
5.3. Analizar	61
5.3.1. Revisión datos último semestre	61
5.3.2. Herramientas usadas para la medición.....	62
5.3.3. Evaluar creación de nuevas herramientas	66
5.3.4. Establecimiento de objetivos.....	66
5.3.5. Definición de acciones a implementar para la mejora	70
5.4. Implementar	77
5.4.1. Implementación del plan de acciones	77
5.4.2. Asegurar la realización de las acciones	78
5.5. Controlar	78
5.5.1. Revisión de los resultados después de la implementación	78
5.5.2. Asegurar polivalencia de implementación del sistema en cualquier línea de producción	80
5.5.3. Retirada herramienta y análisis, mejora continua	80
6. PRESUPUESTO DEL PROYECTO DE MEJORA _____	81
7. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL _____	83
8. CONCLUSIONES _____	84
9. AGRADECIMIENTOS _____	86
10. BIBLIOGRAFÍA _____	87
11. ANEXOS _____	88
11.1. A3 – Mejora en los inicios de lote de producción.....	88
11.2. Hoja de cálculo (herramienta).....	89
11.3. Procedimiento tareas equipo SMED.....	91
11.4. Incidencias equipo SMED.....	95
11.5. Pautas de paro y arranque de la máquina sopladora	96
11.6. Registro de formaciones en TPM equipo producción	98

11.7. Plan de acciones <i>Lessons Learned</i>	100
---	-----

1. Glosario

5 Why	Herramienta que consiste en iterar la pregunta “¿por qué?” hasta llegar a la causa raíz de un problema. No necesariamente debe preguntarse cinco veces.
5S	Cinco principios para conseguir limpieza y orden en el lugar de trabajo (<i>Seiton</i> – Orden, <i>Seiso</i> – Limpieza y reparación, <i>Seiketsu</i> – Estandarización, <i>Shitsuke</i> – Disciplina, <i>Seiri</i> - Clasificación), a los que Kautex añade un sexto principio: Seguridad
8D	Ocho disciplinas, método general para la resolución de problemas
A3	Método general para la resolución de problemas, mostrado en una hoja tamaño DIN-A3
A3 Thinking	Forma de pensar basada en el método de resolución de problemas A3 y que promueve la implicación de las personas y el trabajo en equipo
Adblue	Líquido utilizado para la reducción de los NOx denominado por urea al 32,5%
Advanced Manufacturing	Departamento encargado de la implantación de nuevos proyectos
Bayoneta	Elemento insertado en el tanque que permite llevar a cabo el cierre hermético de la bomba aforador
Bomba Aforador	Componente funcional del tanque encargado de sacar combustible y marcar en nivel de combustible del vehículo
COMET	Filosofía en la que se basa la cultura empresarial de Kautex
Diagrama de flujo	Representación gráfica de un proceso
FPI	<i>“First Part Inspection”</i> , describe el proceso a seguir para liberar la producción en base ensayos de calidad
Ishikawa	Diagrama causa-efecto, también conocido como diagrama de espina de pescado, donde se presentan las posibles causas de un problema
JIT	<i>“Just In Time”</i> , filosofía orientada a la demanda que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción
Kanban	Metodología basada con tarjetas visuales para controlar el avance del trabajo, en este caso para la reposición de componentes
Kautex	Empresa multinacional destinada a la producción y comercialización de embalajes plásticos y de componentes plásticos para la industria de la automoción
KISA	“Kautex Textron Ibérica S.L.”, filial española de Kautex
KPI	<i>“Key Performance Indicator”</i> Indicadores clave de rendimiento

Líbero	Operario sin estación asignada cuya función es apoyar a los compañeros que necesiten ayuda
Logistics planner	Función que consiste en la planificación de producción y de stocks (tanto de componentes como de producto acabado)
MNT	Departamento de Mantenimiento
Objetivos SMART	Objetivos que sean “ <i>Specific</i> ” - Específicos, “ <i>Measurables</i> ” - Medibles, “ <i>Achievable</i> ” - Alcanzables, “ <i>Realistic</i> ” - Realistas y “ <i>Timed</i> ” - Tiempo
OEE	“ <i>Overall Equipment Effectiveness</i> ” Eficacia global de equipos productivos, en base a la disponibilidad, rendimiento y calidad
PAM	“ <i>Palau Automotive</i> ”, empresa de almacenaje subcontratada
Plan de control	Documento en el que se detallan todos los controles del producto, incluyendo aparato de medida, tamaño de la muestra, frecuencia, etc.
Poka-Yoke	Técnica de calidad para evitar el error humano
PPAP	“ <i>Production Part Approval Process</i> ”, proceso de aprobación de componentes para poder ser usados en serie.
PPM	“ <i>Part Per Million</i> ”, indica el número de componentes afectados por cada millón
PT	“ <i>Process Tech</i> ”, Técnico de proceso de la línea de producción
SCOTT	Sistema de gestión de datos reportados de las líneas de producción
SCR	“ <i>Selective Catalytic Reduction</i> ” sistema que reduce los óxidos de nitrógeno (NOx) de los vehículos diésel mediante un líquido conocido como <i>Adblue</i>
SMED (equipo)	“ <i>Single-Minute Exchange of Die</i> ”, equipo de oficiales encargados de efectuar el cambio de molde entre los distintos productos
Seis Sigma	Metodología de mejora de procesos centrada en la reducción de la variabilidad, consiguiendo reducir o eliminar defectos o fallos
SP	“ <i>Supplier Parks</i> ”. Plantas de montaje en parques de proveedores del cliente
Textron Inc	Grupo de empresas multisectorial al que pertenece Kautex
TL	“ <i>Team Leader</i> ”, jefe de operarios de producción
TPM	“ <i>Total Productive Maintenance</i> ”, Filosofía de mantenimiento que persigue eliminar las pérdidas en producción debido a averías de los equipos
Why (5M)	Método de clasificación de la merma pudiendo ser causada por: (<i>Measurement, Man, Machine, Material, Method</i>)

2. Prefacio

2.1. Origen del proyecto

El origen de este proyecto viene dado a raíz de una necesidad de mejora en los indicadores operacionales de una de las líneas más críticas a nivel de maquinaria y productos de la planta industrial de la empresa Kautex. Por lo tanto, el responsable del departamento de Tecnología y Mantenimiento tiene la responsabilidad de direccionar un nuevo proyecto para dar respuesta a la necesidad de la empresa.

2.2. Motivación

Una motivación para realizar este trabajo fue el interés y experiencia en la mejora de procesos de producción de una planta industrial del sector automovilístico. Teniendo al alcance un elevado potencial de aprendizaje técnico al trabajar junto a los mejores técnicos de la planta, y de gestión al coordinar estos mismos equipos con el fin de conseguir lo inicialmente propuesto.

Siendo conocedor del gran margen de mejora que presenta una de las líneas de producción en cuanto a indicadores operacionales, es de gran empuje y motivación ver reflejado el desempeño y el trabajo realizado en los resultados operacionales.

3. Introducción

3.1. Objetivos del proyecto

El proyecto se basa en la mejora en los inicios de lote de producción de depósitos de combustible, tras un cambio de producto a fabricar o bien, un inicio tras paro planificado o no planificado superior a 8 horas. Para ello, el período de análisis a considerar se ceñirá a las primeras 24 horas de producción una vez se haya iniciado el lote de producción.

Durante este período de análisis, la mejora se medirá a través de los indicadores (KPI – *Key Performance Indicators*) ya existentes, con el objetivo de reducir la **merma (Scrap)** del proceso de producción, los **paros de producción no planificados (Downtime)** y como consecuencia, aumentar el OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) en los inicios de lote.

La consecuencia de un incremento del OEE en los inicios de lote de producción, es traducida a un aumento de eficiencia de la línea de producción y en otras palabras, a una reducción de desperdicios y costes que contribuyen a un mejor rendimiento de la empresa, aumentando el margen de explotación.

3.2. Alcance del proyecto

Inicialmente, para entender cuál es la situación actual y contextualizar con el contenido del proyecto, se procede a realizar un estudio de ámbito general contemplando la situación financiera de la empresa, el entorno de la cadena de suministro del sector de automoción, el departamento de producción y la descripción del proceso de fabricación de los depósitos de combustible para automóviles.

El proyecto en cuestión sigue la estructura de un proceso Seis Sigma, es decir, sus etapas serán Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar. Este método será aplicado a dos líneas de producción independientes caracterizadas por el proceso de fabricación de extrusión y soplado. En cada una de las líneas se tendrán en cuenta todos los productos homologados por cliente que se puedan hacer, respectivamente para cada línea.

Asimismo, establecer un método o procedimiento de trabajo, poder aplicar el método de trabajo a aquellas otras líneas de la planta industrial que lo requieran, dando así una polivalencia y herramienta de mejora en cualquier otro centro de producción.

En esta empresa (KISA) proveedora del sector de la automoción, trabajan 200 trabajadores, factura 82 millones de euros anuales y es por ello que se considera de dimensión media-grande.

Kautex (KISA) consta de una planta de producción con las oficinas administrativas adjuntas (ver figura 3), desde donde se gestiona tres plantas de montaje colaboradoras ubicadas en, Pamplona, Martorell y Lisboa. En la planta de industrial de KISA situada en una parcela de unos 22.000m² y dispone de dos zonas:



*Figura 3. Planta industrial de Kautex – KISA
(fuente: interna)*

- La zona de producción, donde se encuentran todas las líneas de producción mediante el proceso de extrusión y soplado, conjuntamente también con el almacén de producto acabado.
- La zona administrativa, aquí se encuentra los departamentos con sus respectivas oficinas como pueden ser: Gerencia, IT, Finanzas, Compras, Proyectos, RRHH, Logística, EHS, Mantenimiento, Advanced Manufacturing, Producción y Calidad.

En cuanto al organigrama de la empresa es el siguiente (ver figura 4),

Gerencia, constituida por el gerente de la planta industrial KISA.

Producción, personal encargado de elaborar el producto mediante el proceso productivo de extrusión y soplado acompañado de una serie de estaciones de montaje de componentes. También se dispone de un técnico de proceso y un líder de equipo por línea de producción, que tienen a su disposición un grupo de 4-5 operarios. También, consta de ingenieros/as de producción son los encargados de optimizar la productividad y la coordinación de los técnicos y líderes.

Calidad, se divide según calidad de proveedores y calidad de cliente, donde éstos disponen de un grupo de técnicos de laboratorio e inspectores que son los encargados de realizar todo tipo de controles de calidad diariamente.

Advanced Manufacturing, personal encargado de definir la nueva maquinaria de los nuevos lanzamientos y de la gestión de posibles incidencias del proceso.

Mantenimiento, personal encargado de reparar las averías de las máquinas e instalaciones de la planta.

Logística, personal encargado del transporte interno de los racks (contenedores de los depósitos) mediante toro y transpaleta. Además, también está el personal administrativo de planificación de la producción, personal, etc.

Compras, personal encargado de comprar material directo, material indirecto como material de oficinas, etc. También se encargan de la vertiente comercial de la planta.

Proyectos e ingeniería, personal que gestiona los proyectos de la empresa, documentación del proyecto, comunicación con ingeniería de la *Headquarters* de Alemania.

EHS (*Environment, Health and Safety*), personal encargado de evaluar los riesgos potenciales que pueden afectar a los trabajadores, y se proponen medidas para solucionarlo o minimizarlo.

Recursos Humanos, personal encargado de velar por los trabajadores de KISA, selecciones de personal, actos conmemorativos, etc. Y también realizan la elaboración de las nóminas de los trabajadores.

Finanzas, personal encargado de tramitar las facturas, pagar proveedores, elaboración de las cuentas anuales, disponer de caja líquida, etc.

Otros, personal de limpieza, personal de revisiones de producto y nuevas obras entre otros, son servicios que se subcontratan externamente.

En cuanto a los niveles directivos son los siguientes a nivel directivo.

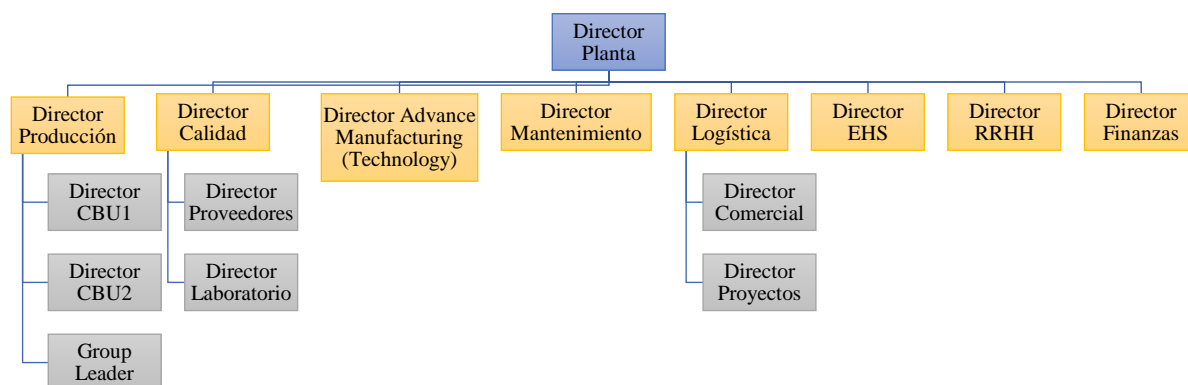


Figura 3. Organigrama de KISA

En cuanto a la producción, ésta es constante las 24 horas del día durante los cinco días laborables de lunes a viernes, realizando un descanso semanal de las máquinas durante el fin de semana. Sin embargo, puede haber temporadas en las que se tenga que trabajar los fines de semana, ya sean por variaciones de las demandas o bien por problemas técnicos de

producción durante el horario habitual. Respecto al personal de la empresa, utilizan el modelo de los cuatro turnos por los operarios y técnicos de planta (producción, calidad y logística). En cambio, el personal administrativo se le aplica un horario laboral de turno partido durante la semana.

4.2. Situación financiera

Para entender la magnitud de la planta industrial analizada, es necesario situarnos previamente a nivel financiero. De esta manera, se puede ver el vínculo directo que hay entre la producción y las finanzas de una empresa proveedora del sector de la automoción.

4.2.1. Análisis de la estructura económica y evolución

Mediante la base de datos de la plataforma SABI, se ha podido acceder a los datos económicos y financieros de la empresa en los años 2014 y 2015. En el balance del año 2015, el activo se divide en el activo corriente (AC), que corresponde a un 52,7%, y el activo no corriente (ANC), que equivale al 47,3%. La mayoría de las empresas dentro del sector de industrias manufactureras presentan una distribución similar, donde aproximadamente el 50% es ANC y el otro 50% se divide en existencias y deudores principalmente. En la distribución del activo corriente cabe destacar la poca importancia que toma la tesorería respecto al cómputo total del activo, fenómeno típico en las empresas manufactureras que trabajan diariamente con muchos clientes y proveedores.

Dentro del activo no corriente destacan dos partidas: el inmovilizado material, que representa un 19,1% del total del activo (integrado mayoritariamente por instalaciones técnicas), e inversiones a largo plazo en empresas asociadas o del grupo, 21,1% del total del activo.

Centrando el análisis en las principales partidas del activo corriente, estas son los deudores comerciales (21,1% del activo) y las inversiones a corto plazo (25,0%), mientras que la tesorería representa sólo un 0,14%. Hay que tener en cuenta que el bajo porcentaje de tesorería no conlleva la pérdida de liquidez si Kautex puede conseguir cobrar rápido de sus deudores.

Comparando los últimos dos años disponibles (tabla 1), se observa una gran disminución del activo no corriente debido principalmente a la reducción de las inversiones a largo plazo (de 17.000 mil euros a 10.000 mil).

Este cambio se compensa con las con el aumento de inversiones a corto plazo, partida que en vez de pertenecer al activo no corriente corresponde al activo corriente.

	2015 (mil €)	2014 (mil €)	2015 (%)	2014 (%)
Activo no corriente	23.190	31.433		
Inmovilizado intangible	1.021	1.458	2,08%	2,91%
Inmovilizado material	9.352	9.686	19,08%	19,30%
Inversiones en empresas del grupo a L/P	10.395	17.805	21,20%	35,48%
Inversiones financieras a largo plazo	45	44	0,09%	0,09%
Activos por impuesto diferido	2.377	2.441	4,85%	
Activo corriente	25.833	18.754		
Existencias	3.184	2.653	6,49%	5,29%
Deudores comerciales y otras cuentas a cobrar	10.338	9.904	21,09%	19,73%
Inversiones en empresas del grupo a corto plazo	12.240	6.185	24,97%	12,32%
Efectivo y otros activos líquidos equivalentes	71	12	0,14%	0,02%
TOTAL	49.023	50.188	100%	100%

Tabla 1. Activo KISA 2014-2015 (fuente: SABI)

4.2.2. Análisis de la estructura financiera y evolución

El patrimonio neto supone un 64,3% de del total del pasivo (tabla 2). Hay que tener en cuenta en el análisis de la estructura financiera de Kautex que las reservas constituyen un valor del 73,3% del pasivo, pero que debido principalmente a las pérdidas en ejercicios anteriores se reduce en un 18% aproximadamente. El pasivo corriente representa el 35,7% del total del pasivo y está formado principalmente por deudas a proveedores. Este tipo de estructura es la usual en empresas del sector donde el patrimonio neto es superior al pasivo.

De un año a otro el total del pasivo se mantiene casi igual, pero, como ocurre en el activo, la estructura varía. Por un lado, se observa que las reservas han aumentado, ya que el resultado positivo del ejercicio de 2015 se pasa a esta partida. Aun así, el patrimonio neto ha disminuido debido al mal resultado del ejercicio de 2015. Por otro lado, el pasivo corriente ha aumentado debido a que la empresa está más endeudada con sus proveedores.

A través del análisis de pérdidas y ganancias se podrá entender como Kautex reporta un resultado tan negativo durante varios años consecutivos.

	2015 mil €	2014 mil €	2015	2014
A) Patrimonio neto	31.516	36.442	64,29%	72,61%
Capital	3.125	3.125	6,38%	6,23%
Prima de emisión	1.250	1.250	2,55%	2,49%
Reservas	35.955	34.820	73,34%	69,38%
Resultados de ejercicios anteriores	-3.888	-3.888	-7,93%	-7,75%
Resultado del ejercicio	-4.926	1.135	-	2,26%
			10,05%	
B) Pasivo no corriente	n.d.	n.d.	-	-
Provisiones a largo plazo	n.d.	n.d.	-	-
Deudas a largo plazo	n.d.	n.d.	-	-
Deudas con empresas del grupo y asociadas a largo plazo	n.d.	n.d.	-	-
C) Pasivo corriente	17.507	13.746	35,71%	27,39%
Provisiones a corto plazo	25	25	0,05%	0,05%
Deudas a corto plazo	n.d.	n.d.	-	-
Acreedores comerciales y otras cuentas a pagar	17.482	13.721	35,66%	27,34%
TOTAL	49.023	50.188	100%	100%

Tabla 2. Patrimonio Neto y Pasivo KISA 2014 – 2015 (fuente: SABI)

4.2.3. Análisis de la cuenta de pérdidas y ganancias

El resultado ejercicio de 2015 es mucho peor que el del año anterior (ver tabla 3). KISA ha pasado de un resultado positivo de 1M€ hasta un resultado negativo de 5M€.

Cuenta de pérdidas y ganancias	2015 (mil €)	2014 (mil €)	2015 (%)	2014 (%)
1. Importe neto de la cifra de negocios	79.358	64.010	100%	100%
2. Variación de exist. de PA y en curso de fabricación	182	-358	0%	-1%
4. Aprovisionamientos	-58.325	-44.678	-73%	-70%
a) Consumo de mercaderías	-704	-117	-1%	0%
b) Consumo de materias primas y otras materias consumibles	-54.873	-41.721	-69%	-65%
c) Trabajos realizados por otras empresas	-2.770	-2.783	-3%	-4%
5. Otros ingresos de explotación	2.716	175	3%	0%
6. Gastos de personal	-8.158	-7.320	-10%	-11%
7. Otros gastos de explotación	-9.625	-7.341	-12%	-11%
8. Amortización del inmovilizado	-2.591	-1.978	-3%	-3%
A1) Resultado de explotación	3.621	2.508	5%	4%
14. Ingresos financieros	1	n.d.	0%	0%
15. Gastos financieros	-1	n.d.	0%	0%
18. Deterioro por enajenaciones de instrumentos financieros	-7.410	-303	-9%	0%
A2) Resultado financiero	-7.464	-275	-9%	0%
A3) Resultado antes de impuestos	-3.843	2.233	-5%	3%
20. Impu				-2%

Tabla 3. Cuenta de pérdidas y ganancias KISA 2014-2015 (fuente: SABI)

La	A5) Resultado del ejercicio	-4.926	1.135	-6,21%	1,8%
----	-----------------------------	--------	-------	--------	------

principal causa de esto se encuentra en la partida "deterioro y resultado por alineaciones de instrumentos financieros" donde se han perdido 7,4 millones. Estos deterioros venden debido a la bajada de valor de otras empresas del grupo Multinacional Kautex, donde Kautex (España) tenía participaciones de ellas. Básicamente, proveniente de la empresa de Kautex Brasil que sufrió una fuerte crisis, la que supuso varias pérdidas de proyectos y en consecuencia su valor bajó contundentemente. Sacando eso las ventas aumentaron y por tanto también el resultado de explotación.

Según los datos analizados, se observa pues a pesar de haber aumentado el resultado de explotación, las devaluaciones de los activos financieros que la empresa tenía han hecho que el resultado del ejercicio sea negativo. Respecto al total de las ventas los mayores gastos son en aprovisionamientos (73%), gastos de personal (10%) y otros gastos de explotación (12%). El resultado de explotación finalmente supone el 5% del total de las ventas. Destacan también los 2,7 millones cobrados y clasificados en la partida de otros ingresos de explotación mientras que el año pasado sólo se cobraron 175 mil euros. Las pérdidas han sido grandes en este año; por cada 100 euros vendidos la empresa ha perdido 6,21 €, mientras que el año pasado ganaba 1,8 €. Como se ha dicho, estas pérdidas provienen del sector financiero de la empresa, que habría que evaluar a fondo.

4.2.4. Análisis DAFO

A modo de darle otro enfoque a la situación actual de KISA, a continuación, se mostrará un análisis DAFO (ver figura 5) cuyo objetivo principal es mostrar cual es la situación real de la empresa y poder determinar las ventajas competitivas de la empresa respecto al mercado en el cual se mueve. El análisis DAFO está compuesto por cuatro segmentos que caracterizan la empresa de estudio respecto a su mercado, estos son: Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades.

Como se ha explicado anteriormente, KISA es una empresa que trabaja básicamente en el entorno de los depósitos de plástico para la automoción. Por tanto, el sector de la empresa es tanto la industria automovilística como el entorno del plástico. (Abreviaciones: E = Empresa y S = Sector)



Figura 5. DAFO sector automovilístico y plástico y empresa Kautex. E = empresa; S = sector (fuente: elaboración propia)

4.3. Descripción del producto

Como se ha mencionado anteriormente, Kautex (KISA) es una manufacturera de depósitos de combustible para el sector del automóvil, ya sean de gasolina o diésel. Su función principal es almacenar el combustible y enviarlo al motor mediante la bomba aforador, su principal componente ensamblado. Por tanto, el producto objeto del análisis será el depósito constituido por HDPE (Polipropileno de alta densidad) en que, para cada marca y modelo, hay un depósito diferente. No obstante, existe la posibilidad de que haya depósitos comunes entre modelos similares de coches con el fin de reducir costes de lanzamiento, es por eso que pertenecen a la misma plataforma. En definitiva, cada plataforma dispondrá de un producto diferente el que debe responder los requerimientos específicos de cliente en cuanto al espacio disponible, capacidad volumétrica, funcionamiento, etc. Estos tipos de depósitos se fabrican mediante el proceso productivo de extrusión y soplado.

Kautex (KISA) es proveedora incluso de 15 plataformas diferentes suministrando a los clientes: Ford, Nissan, Renault, SEAT y Volkswagen. Actualmente, también se ha iniciado la producción de depósitos SCR (*Selective Catalytic Reductor*) por los coches diésel, ya que están obligados por normativa a llevar este tipo de depósito a partir de 2015. Estos depósitos de urea (*AdBlue*) se manufacturan mediante el proceso de inyección de piezas.

En definitiva, a partir de ahora se ha simplificado el análisis para darle enfoque a aquellas líneas de producción que serán la prueba piloto de este proyecto. Los productos fabricados en estas líneas se encuentran en la figura 6.

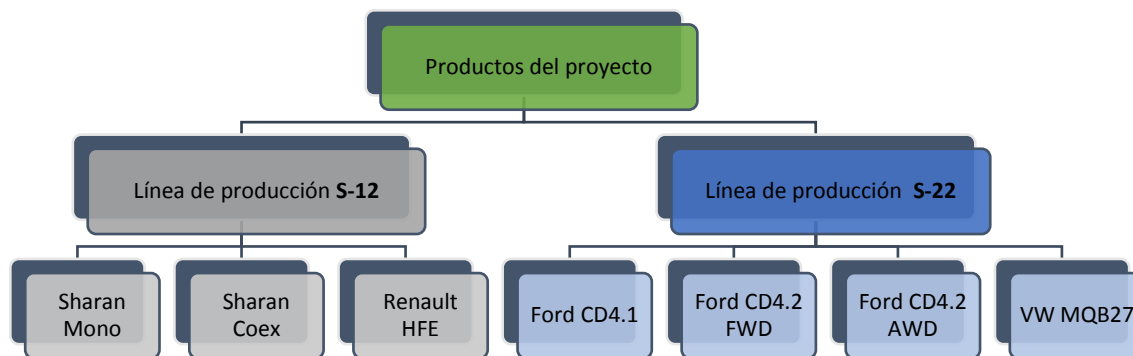


Figura 6. Plataformas de estudio del proyecto (fuente: elaboración propia)

Una vez visto las plataformas de los productos involucrados en el proyecto, se procederá a explicar sus características más importantes, respectivamente.

4.3.1. Productos línea de producción S-12

En la línea de producción S-12 hay tres productos homologados por el cliente para poder ser fabricados, dos de ellos (Sharan Mono y Sharan COEX) son depósitos de la misma plataforma automovilística, es decir, se van a montar en el mismo modelo de coche, aunque lo único que les diferencia es la versión Gasolina o Diésel. En cambio, el otro producto homologado para ser fabricado en la S-12 es el Renault HFE Mono y éste solamente podría ser montado en coches Diésel.

Sharan Mono

Depósito de combustible que se monta en los coches Volkswagen Sharan versión Diésel y Seat Alambra versión Diésel. Como se puede apreciar en la figura 7, es un depósito de grandes dimensiones y con muchos componentes ensamblados. Actualmente, es el producto de la cartera de productos de KISA con mayor precio de venta.

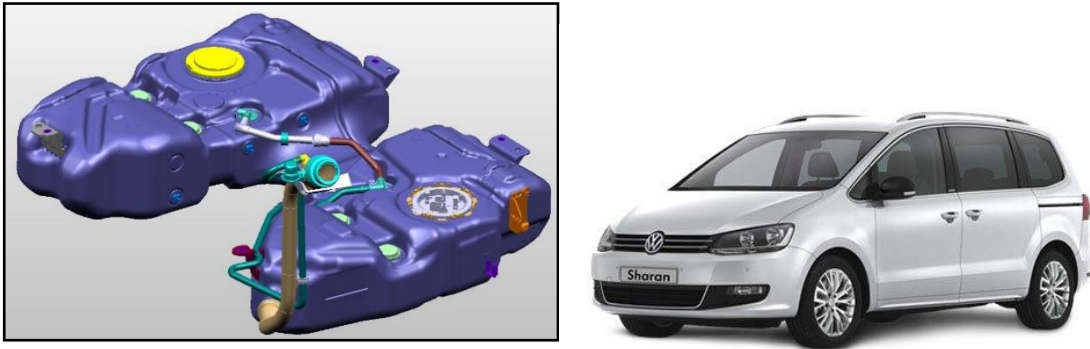


Figura 7. Imagen CAD del producto Sharan Mono para el Volkswagen Sharan e imagen del vehículo. (fuente: interna)

Sharan COEX

Depósito de combustible que se monta en los coches Volkswagen Sharan versión Gasolina y Seat Alambra versión Gasolina. Como se puede apreciar en la figura 8, también es un depósito de grandes dimensiones y con muchos componentes ensamblados, pero este tiene una pequeña particularidad, ya que este depósito es fabricado en otra planta del grupo Kautex (en Mallesdorf) y se finaliza su producción en la planta de KISA.



Figura 8. Imagen CAD del producto Sharan COEX para el Seat Alhambra e imagen del vehículo. (fuente: interna)

Renault HFE

Depósito de combustible que se monta en el coche Renault Kadjar versión Diésel. Como se puede apreciar en la figura 9, es un depósito mucho más sencillo que el Sharan por sus menores dimensiones.



Figura 9. Imagen CAD del producto Renault HFE para el Renault Kadjar e imagen del vehículo. (fuente: interna)

4.3.2. Productos línea de producción S-22

En la línea de producción S-22 hay cuatro productos homologados por el cliente para poder ser fabricados, tres de ellos (Ford CD 4.1, Ford CD 4.2 FWD y Ford CD 4.2 AWD) son depósitos de la misma plataforma automovilística CD 4, es decir, se van a montar en el mismo modelo de coche, aunque lo único que les diferencia es la versión de tracción en las cuatro ruedas o no (*All Wheel Drive*) o *Front Wheel Drive*). En cambio, el otro producto homologado en la S-22 es el VW MQB.

Ford CD 4.1

Depósito de combustible que se monta en las furgonetas Ford Transit versión Diésel y Gasolina. Como se puede apreciar en la figura 10, es un depósito de tamaño estándar y con muchos componentes ensamblados.

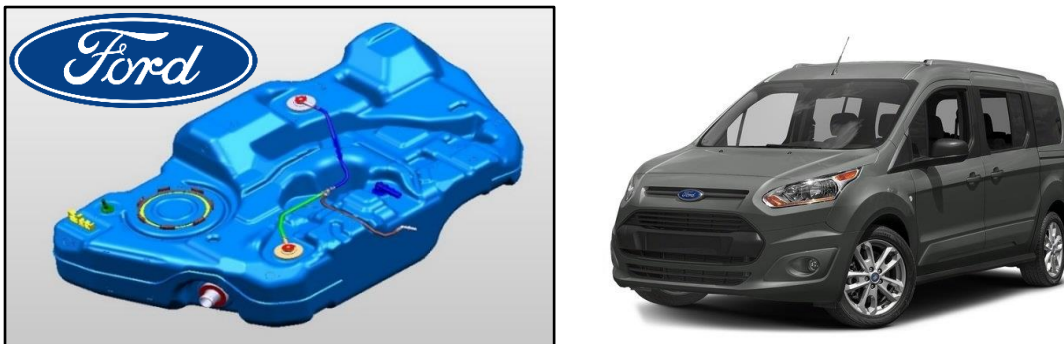


Figura 10. Imagen CAD del producto CD 4.1 para el modelo Ford Transit e imagen del vehículo. (fuente: interna)

Ford CD 4.2 FWD

Depósito de combustible que se monta en los coches Ford S-Max, Ford Edge y Ford Mondeo versión Diésel y Gasolina. Como se puede apreciar en la figura 11, es un depósito de tamaño estándar y con muchos componentes ensamblados.



Figura 11. Imagen CAD del producto CD 4.2 FWD para el modelo Ford S-Max e imagen del vehículo. (fuente: interna)

Ford CD 4.2 AWD

Depósito de combustible que se monta en los coches Ford S-Max, Ford Edge y Ford Mondeo versión tracción a las cuatro ruedas en Diésel y Gasolina. Como se puede apreciar en la figura 12, es un depósito de grandes dimensiones y con muchos componentes ensamblados.



Figura 12. Imagen CAD del producto CD 4.2 AWD para el modelo Ford Edge 4x4 e imagen del vehículo. (fuente: interna)

VW MQB27

Depósito de combustible que se monta en los coches Volkswagen Polo y Seat Ibiza versión Diésel y Gasolina. Como se puede apreciar en la figura 13, es un depósito de pequeñas dimensiones y con pocos componentes ensamblados. Su particularidad es que, aunque su precio de venta es el más pequeño de toda la cartera de productos de KISA, es un producto categorizado cómo A en cuanto a su elevado volumen de ventas.

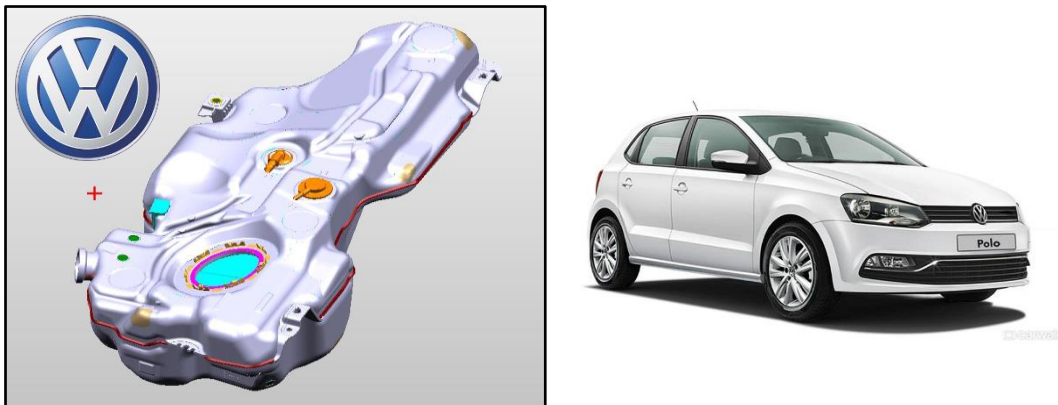


Figura 13. Imagen CAD del producto MQB27 para el modelo Volkswagen Polo e imagen del vehículo. (fuente: interna)

4.4. Departamento de producción

El departamento de producción es uno de los más importantes de la empresa, por su tamaño y su relevante papel en añadir valor al producto fabricado. Actualmente consta de más de 150 trabajadores, incluyendo personal de línea, técnicos y técnicas de proceso, ingenieros e ingenieras de producción, jefes de equipo y director de operaciones.

La función de este departamento es fabricar los depósitos de combustible descritos en el punto 3.3 con la materia prima, maquinaria y procesos específicos necesarios. El departamento se podría desglosar en:

- Personal directo de producción: todas aquellas personas que contribuyen y manipulan directamente con el producto, es decir, todo aquel personal que trabaja en la línea de producción. Este personal trabaja a tres turnos de lunes a viernes las 24horas, quedando libres los fines de semana.
- Personal indirecto de producción: todas aquellas personas que supervisan, analizan, dirigen al personal directo para contribuir de manera indirecta sobre el producto, es decir, ingenieros/as de producción, jefes de equipo y director de operaciones. Este personal trabaja a turno partido de lunes a viernes.

4.5. Descripción del proceso de fabricación

La línea de producción está constituida por una máquina principal de extrusión y soplado, y una serie de estaciones de conformado, mecanizado, ensamblaje y estanqueidad. Por temas logísticos, en algunos proyectos el proceso está dividido en dos partes. La primera fase de extrusión y mecanización del tanque que se lleva a cabo en la planta de Palau de Plegamans descrita anteriormente. Seguidamente, este producto semielaborado se envía a los Clústeres del automóvil que se encuentran en Martorell, Pamplona y Lisboa donde residen los OEMs (*“Original Equipment Manufacturer”*, también conocido como cliente). En estas dos plantas se realiza la segunda fase de fabricación, donde se finaliza el proceso de producción del depósito de combustible con operaciones de ensamblaje, estanqueidad y secuenciación a cliente.

Una vez se ha situado la logística del producto, el proceso de producción respecto cada línea de producción se explica a continuación.

4.5.1. Proceso de fabricación en la S-12

Primero de todo, para entender el proceso productivo y tener el conocimiento de la maquinaria utilizada, se explicará cada fase del proceso a partir de la figura 14, donde se encuentra la distribución en planta de la línea S-12. También se puede apreciar las tres áreas y sus respectivas estaciones que son dependientes del producto que se esté fabricando.

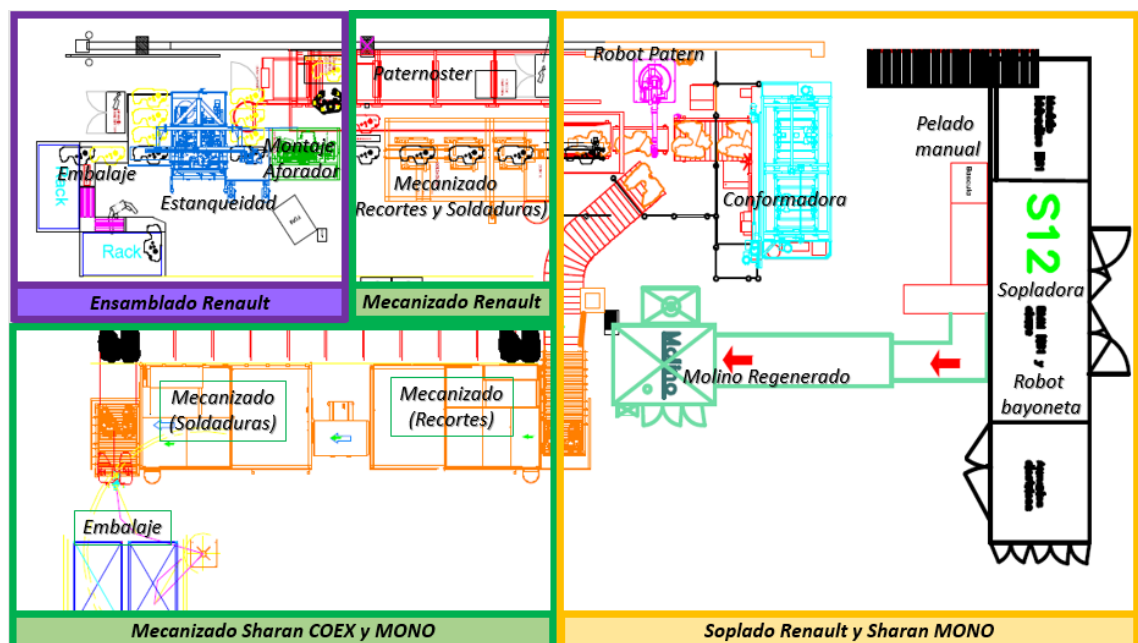


Figura 14. Layout línea de producción S-12 con sus tres áreas y sus respectivas estaciones. (fuente: elaboración propia)

Como se puede apreciar en la figura 15, la línea de producción para la fabricación del depósito de combustible consta de tres áreas con el siguiente orden:

Soplado: donde se encuentra la sopladora, conformadora, molino de regenerado y paternóster (cinta transportadora que se utiliza como tiempo de espera en el proceso).

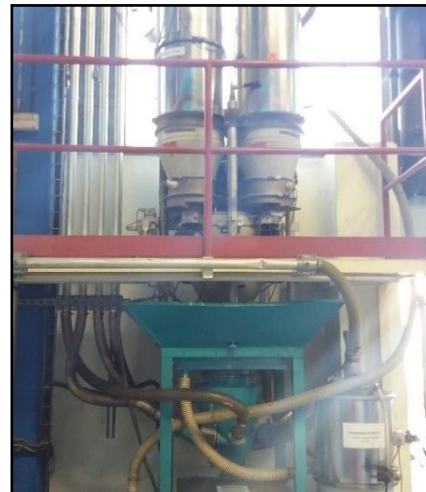
Mecanizado: donde hay las estaciones que mecanizan el depósito soplado realizando recortes y soldando componentes en él.

Ensamblado: donde se ensamblan componentes manualmente, se realiza la prueba de la estanqueidad y se termina el proceso con el embalaje final.

Una vez visto la distribución en planta y diferenciadas las tres zonas de la línea de producción, se va a explicar fase a fase del proceso productivo de la línea empezando desde la materia prima hasta obtener el producto final listo para enviar al cliente.

El depósito de combustible de un vehículo se fabrica mediante el proceso de extrusión y soplado. La materia prima es el polímero HDPE (Polietileno de alta densidad) el cual se encuentra en forma de granulado. Una vez se dispone del material en forma de grano, este material HDPE virgen se mezcla en una mezcladora (ver figura 14) con colorante de color negro y material regenerado de la merma del mismo proceso.

En esta línea en particular, se trata de una sopladora de extrusión Mono-Capa, es decir de una sola capa de material mezclado.



*Figura 15. Mezcladora de material virgen, colorante y regenerado.
(fuente: elaboración propia)*

En cambio, como ya se verá en el proceso productivo de la S-22, en este caso se tratará de una sopladora de CO-Extrusión. De aquí vienen los acrónimos de Mono y COEX. La diferencia principal es que en la co-extrusión es utilizada mayormente para los coches Gasolina ya que dispone de una capa de EVOH o EVAL (Etilen-Vinil-Alcohol), material que evita la emisión de gases contaminantes provenientes de la Gasolina.

En cuanto se tiene el material mezclado, mediante una bomba de vacío se suministra el material a la planta superior de la sopladora (máquina principal de la zona de soplado), donde se encuentran las tolvas de material (ver figura 16). Seguidamente, éste material se funde mediante las resistencias térmicas que presenta cada una de las cuatro extrusoras.



Figura 16. Tolva de material mezclado. (fuente: elaboración propia)

En las extrusoras (ver figura 17), se va fundiendo el material y empujándolo mediante un husillo hasta llegar a la cabeza, donde ésta dispone de un émbolo que se llena de material y se expulsa en forma de una colada vertical (también conocido como *macarrón*, ver figura 18).



Figura 17. Extrusora con sus resistencias térmicas. (fuente: elaboración propia)



Figura 18. Caída del macarrón. (fuente: elaboración propia)

A continuación, se cierra el molde pinzando la colada por arriba y por abajo. Entonces, se le inyecta aire a presión por el interior de tal manera que el material plástico se expande en el interior del molde con el objetivo de coger la forma de éste. En la figura 19, se puede apreciar la máquina sopladora S-12.

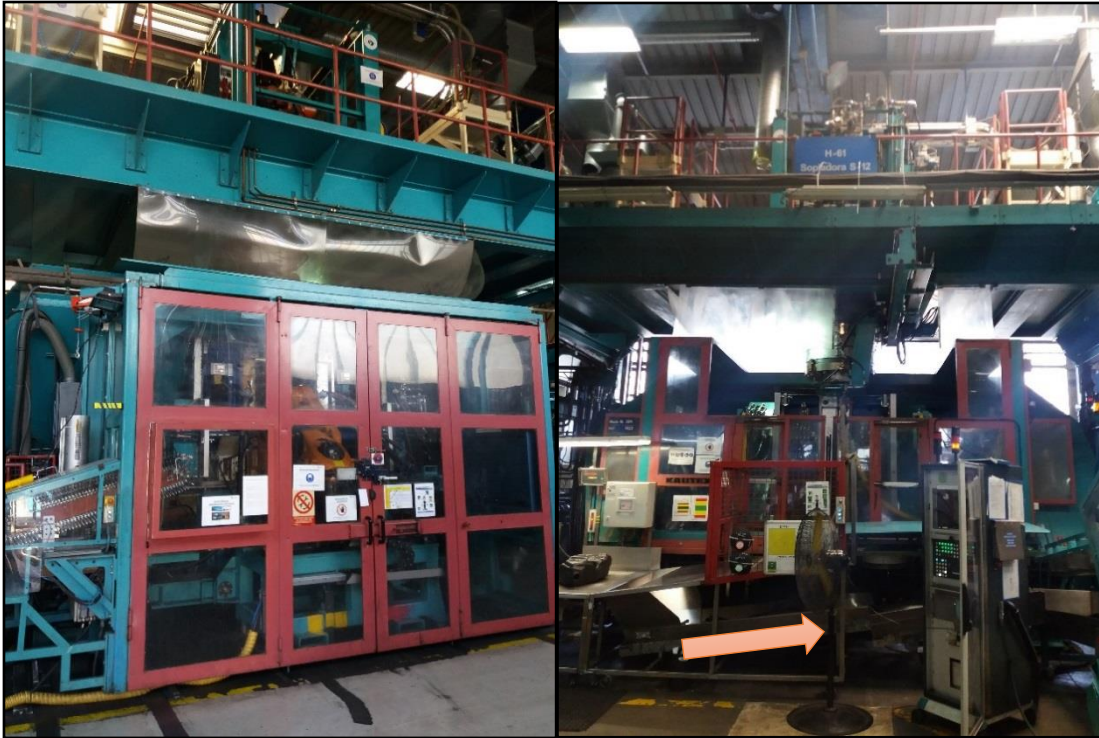


Figura 19. Parte trasera sopladora (izquierda) con el robot de colocación de bayoneta y parte delantera (derecha) con la cinta del molino para las coladas. (fuente: elaboración propia)

Seguidamente, mediante unas pinzas extractoras se extrae el depósito soplado con restos de colada. Estos restos de colada son extraídos mediante el operario con un cuchillo y guantes térmicos. Éste se encarga de pelar el depósito a fin de extraer los restos de coladas del tanque, que son aprovechadas en el molino (figura 20).



Figura 20. Molino de material regenerado. (fuente: elaboración propia)



*Figura 21. Depósito Sharan soplado.
(fuente: elaboración propia)*

De esta manera, se obtiene el tanque soplado tal y como se muestra en la figura 21, donde se puede apreciar que el único componente insertado hasta el momento es la bayoneta. Ahora que ya se tiene el depósito con la forma deseada, es enfriado y posteriormente mecanizado.

El mismo operario, también se encarga de efectuar el pesaje de la pieza y de que el tanque llegue a la segunda máquina de la línea de producción respetando el tiempo de espera (ver figura 22), la conformadora (ver figura 23).



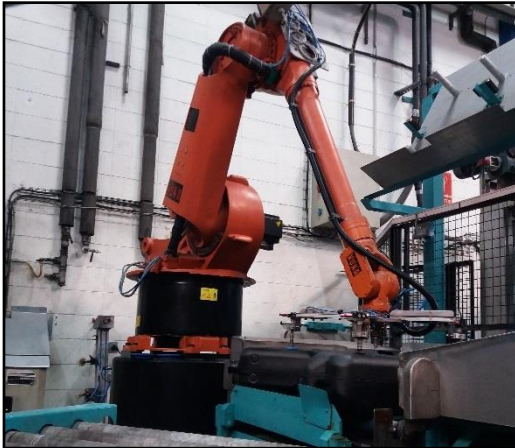
*Figura 22. Tiempo espera conformadora.
(fuente: elaboración propia)*



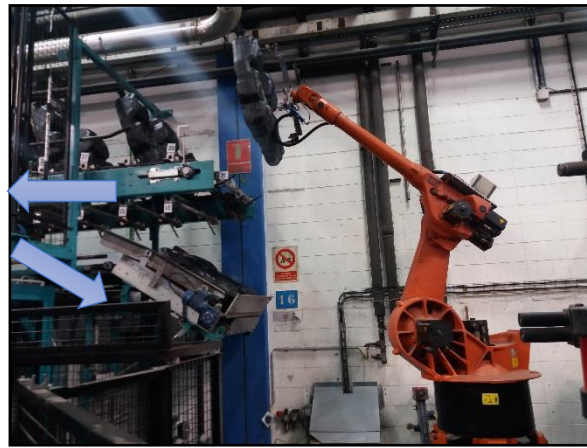
*Figura 23. Conformadora Sharan.
(fuente: elaboración propia)*

Un punto muy importante a tener en cuenta en la fabricación de un producto de plástico es que la mayoría de las estaciones por las cuales el producto se va elaborando, siempre hay que respetar el tiempo de ciclo marcado por la sopladora, ya que sino al mecanizar el depósito los recortes y soldaduras serían de mala calidad provocando fugas de combustible. Por lo tanto, se deben de respetar estrictamente los tiempos de espera de algunas máquinas y *paternoster* (cinta transportadora).

En la conformadora, el depósito es sumergido en agua fría y sujeto a una presión interior para que la burbuja de plástico se enfríe y coja definitivamente la forma. Seguidamente, el depósito soplado entra mediante el robot de la figura 24, en un tiempo de espera de unos 20/30 minutos, también llamado *Paternoster* (figura 25) para que termine su ciclo de contracción plástica.



*Figura 24. Robot paternoster recoge el depósito a la salida de la conformadora.
(fuente: elaboración propia)*



*Figura 25. Robot paternoster coloca el depósito en el conveyor paternoster.
(fuente: elaboración propia)*

A continuación, el tanque entra en la segunda área de la línea de producción, el mecanizado, donde se mecaniza mediante unas unidades de recorte y soldadura que trabajan para soldarle componentes tales como válvulas, manguitos de ventilación, aletas de sujeción, clips, mangueras, etc. Primeramente, el depósito soplado y enfriado pasará por dos estaciones del mecanizado (ver figuras 26 y 27) en las cuales se realizarán los recortes en aquellas zonas donde se colocarán los componentes a posteriori.

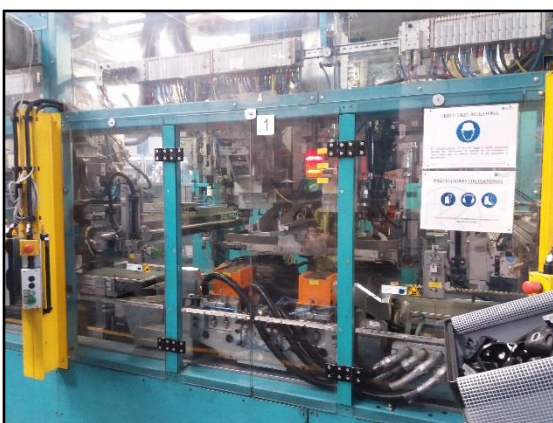


Figura 26. Primera estación del mecanizado Sharan. (fuente: elaboración propia)



Figura 27. Segunda estación del mecanizado Sharan. (fuente: elaboración propia)

Después de las estaciones de recorte, el depósito mecanizado tiene la apariencia de la figura 28.



Figura 28. Depósito Sharan mecanizado en recortes. (fuente: elaboración propia)

A continuación, el depósito pasa por dos estaciones más (ver figura 29 y 30) donde se realizan las operaciones de soldadura de componentes y se obtiene el producto semielaborado acabado.



Figura 29. Tercera estación mecanizado Sharan. (fuente: elaboración propia)



Figura 30. Cuarta estación mecanizado Sharan. (fuente: elaboración propia)

En el caso del Sharan, una vez el depósito ya está completamente mecanizado (ver figura 31), se embala en contenedores llamados *racks* y se envían como producto semielaborado a otra planta de montaje de KISA, donde se procederá a finalizar el proceso de fabricación parecido al del Renault HFE que se explica a continuación.



Figura 31. Producto semielaborado listo para ser enviado a la planta de montaje. (fuente: elaboración propia)

En el caso del Renault HFE, el depósito mecanizado entra en la tercera área, el ensamblaje, donde se le incorpora tapones anti-polvo a los componentes mencionados anteriormente, se realiza el montaje de la bomba aforador y se añaden otros complementos como pueden ser tuberías, placas anti-caloríficas, espumas, etc.

Finalmente, ya está el depósito completamente ensamblado. Este llega a la otra estación del área ensamblaje, la estanqueidad (ver figura 32), donde el tanque es sometido a una prueba de estanqueidad 100% de toda la producción antes de ser enviado a cliente.

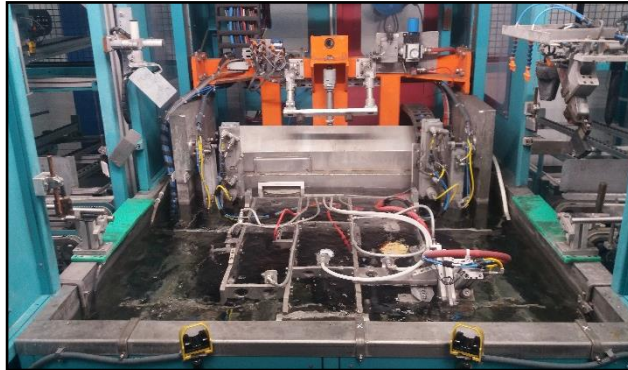


Figura 32. Prueba estanqueidad del tanque ensamblado. (fuente: elaboración propia)

Por último, el producto final se almacena en racks (estanterías portables ver figura 33) que se envían a cliente sujeto a la demanda *Just In Time*.



Figura 33. Racks depósito Sharan. (fuente: elaboración propia)

En resumen, las dos variantes de producción de la línea de producción en la S-12 se aprecian en la figura 34 para el Sharan y en la figura 35 para el Renault HFE.



Figura 34. Línea de producción del Sharan. (fuente: elaboración propia)



Figura 35. Línea de producción del Renault HFE. (fuente: elaboración propia)

El proceso descrito anteriormente describe el flujo del producto mostrado en la siguiente figura 36, para los tres productos.

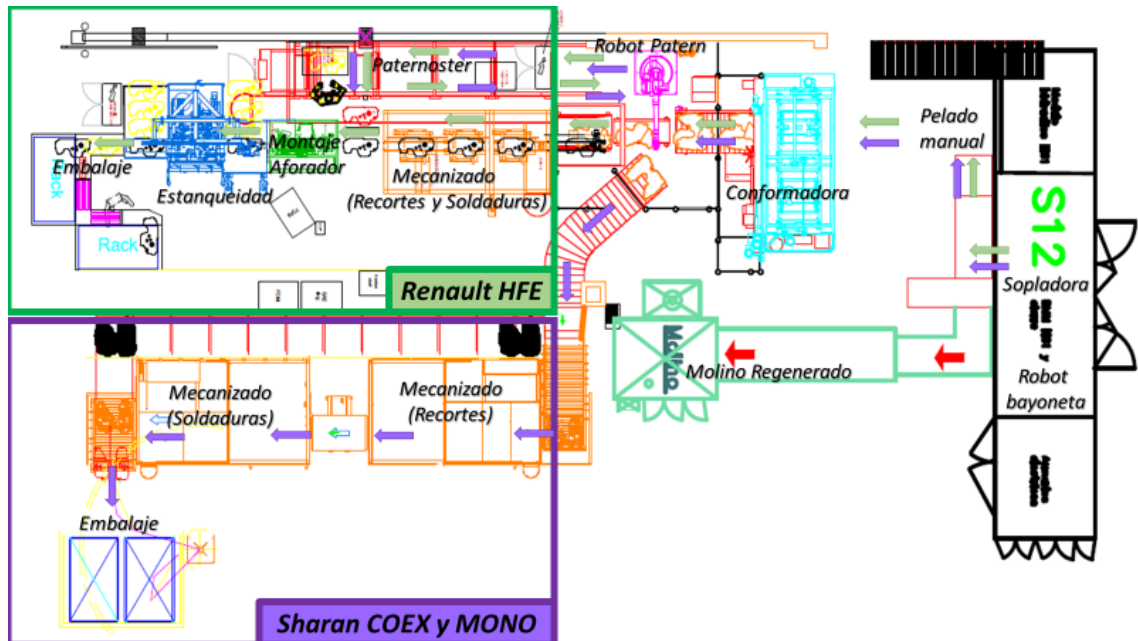


Figura 36. Layout línea de producción S-12 con el flujo del proceso.
(fuente: elaboración propia)

4.5.2. Proceso de fabricación en la S-22

Primero de todo, para entender el proceso productivo y tener el conocimiento de la maquinaria utilizada, se explicará cada fase del proceso a partir de la figura 37, donde se encuentra la distribución en planta de la línea S-22.

También se puede apreciar aquellas estaciones que son compartidas y aquellas estaciones que son dependientes del producto que se esté fabricando. Como se ha comentado anteriormente, en la línea de producción S-22, hay tres productos a fabricar que son de Ford y uno del grupo Volkswagen. Como se puede apreciar en la figura 37, los tres productos de Ford aparecen en zonas tangentes entre ellas y agrupadas, en cambio, para el producto de Volkswagen la parte del mecanizado MQB27 se encuentra ubicada en otra zona dentro de la misma planta industrial.

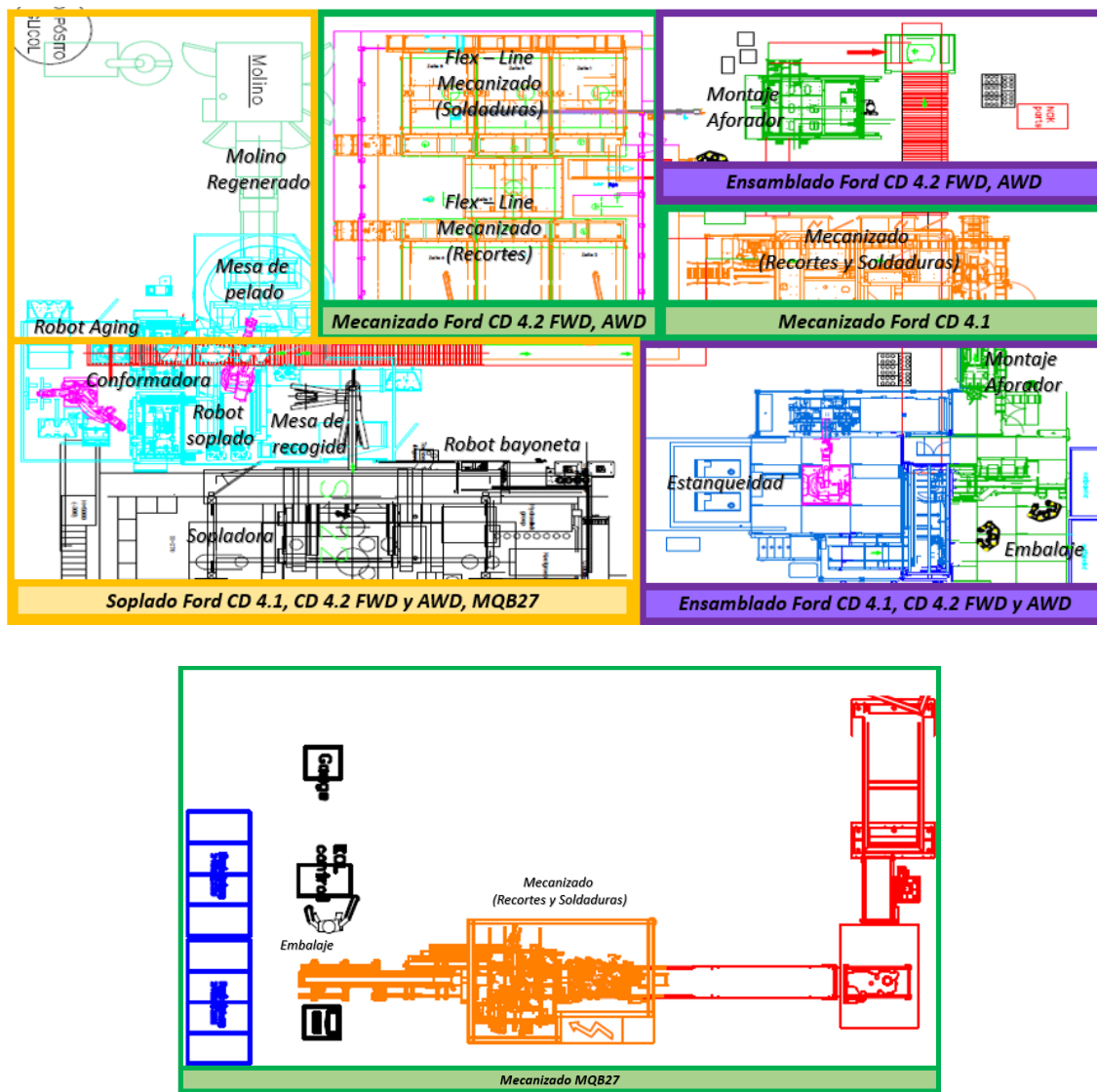


Figura 37. Layout línea de producción S-22 con sus áreas y sus respectivas estaciones. (fuente: elaboración propia)

Una vez vista la distribución en planta, se va explicar fase a fase del proceso productivo de la línea empezando desde la materia prima hasta obtener el producto final listo para enviar al cliente.

En esta línea, el depósito de combustible de un vehículo se fabrica mediante el proceso de co-extrusión y soplado. La materia prima se compone por el polímero HDPE (Polietileno de alta densidad), el material EVAL que constituirá la capa EVOH para evitar las emisiones del depósito, el material ADMER que actuará como capa de adhesivo entre el HDPE y el EVAL. Toda la materia prima se encuentra en forma de granulado y también se aprovecha el material regenerado de la merma del mismo proceso.

Por lo tanto, la distribución de las capas es la siguiente tal y como se muestra en la figura 38 acorde a la especificación de calidad.

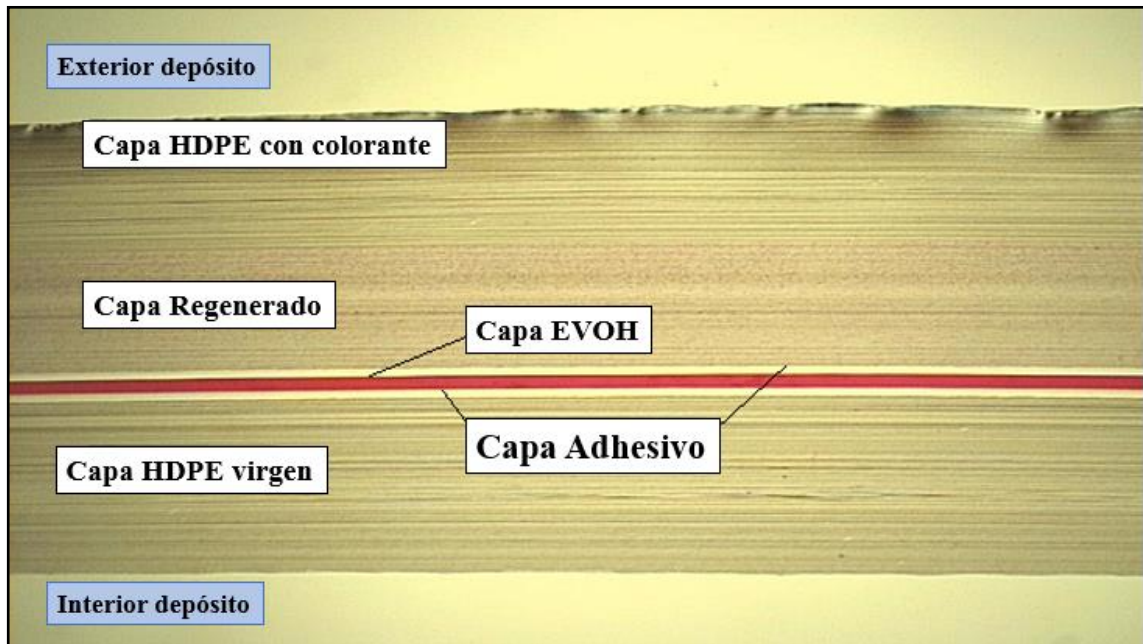


Figura 38. Distribución capas del proceso de Co-extrusión (COEX). (fuente: elaboración propia)

En este caso, el material descrito anteriormente, no es mezclado conjuntamente, sino que es suministrado mediante una bomba de vacío a la planta superior de la sopladora (ver figura 39), donde se encuentran las tolvas de material. Hay una tolva y una extrusora para cada una de las seis capas descritas en la figura 38. Seguidamente, éste material se funde mediante las resistencias térmicas que presenta cada una de las seis extrusoras.



Figura 39. Parte de atrás de la sopladora. (fuente: elaboración propia)



En las extrusoras (ver figura 40), se va fundiendo el material y empujándolo mediante un husillo hasta llegar a la cabeza.

*Figura 40. Extrusoras de la sopladora.
(fuente: elaboración propia)*

En la cabeza, el material es expulsado en forma de una colada vertical (también conocido como *macarrón*, ver figura 41 “1”), a continuación, cuando la colada llega a la parte inferior del molde (ver figura 41 “2”), se cierra el molde pinzando la colada por arriba y por abajo (ver figura 41 “3”). Entonces, una vez cerrado el molde (ver figura 41 “4”) se le inyecta aire a presión por el interior de tal manera que el material plástico se expande en el interior del molde con el objetivo de coger la forma de éste.

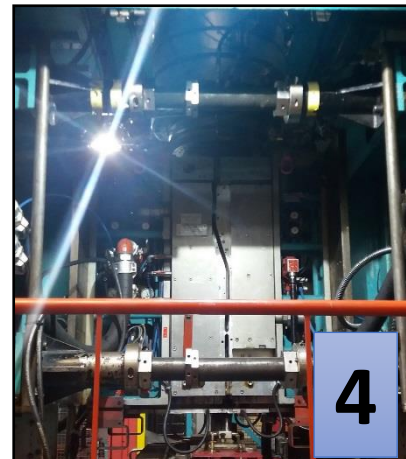
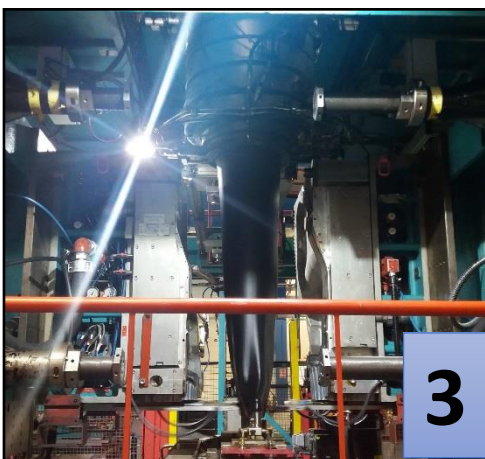
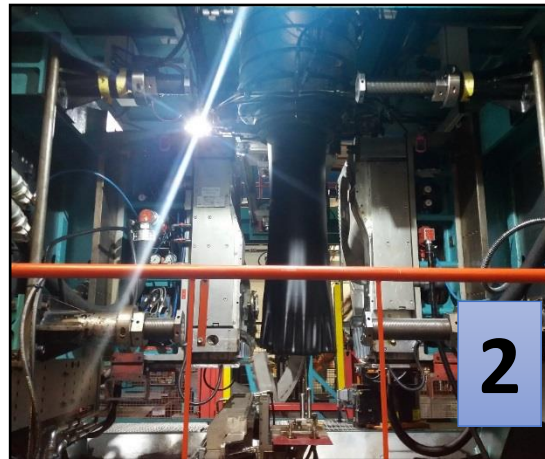
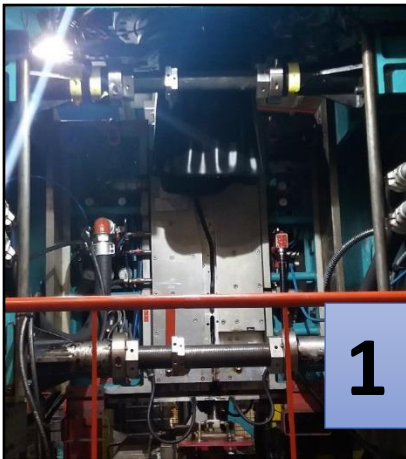


Figura 41. Secuencia de la salida del macarrón y moldeado. (fuente: elaboración propia)

Previo a la expansión del plástico dentro del molde, el robot bayoneta (ver figura 42) se dispone a colocar la bayoneta en el alojamiento del molde para que el tanque soplado salga con la bayoneta insertada. Seguidamente, mediante unas pinzas extractoras se extrae el depósito soplado con restos de colada, que con la ayuda de una mesa de recogida (ver figura 43) sube hasta coger el tanque sujeto por las pinzas extractoras.

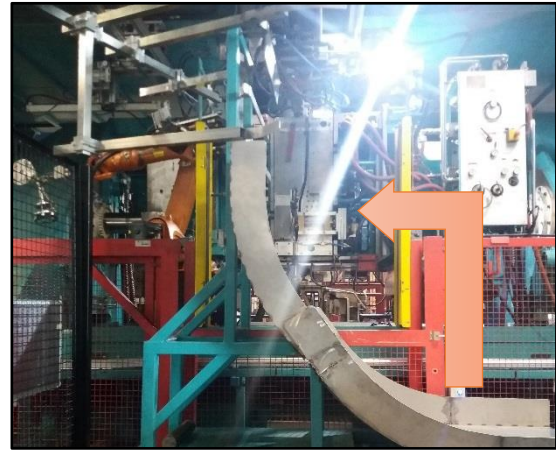


Figura 42. Robot bayoneta a la izquierda y mesa de recogida al



Figura 43. Mediante las pinzas extractoras sale el depósito y es cogido por la mesa de recogida en la posición superior. (fuente: elaboración propia)

La mesa de recogida baja el depósito y lo pone en posición vertical para que pueda ser cogido por el robot de soplado (ver figura 44).



Figura 44. Recogida del robot de soplado del depósito con colada. (fuente: elaboración propia)

El robot de soplado coge el depósito de la mesa de recogida (ver figura 45 “1”) con los restos de colada y se lo lleva a la mesa de pelado (ver figura 45 “2”). En la mesa de pelado se extraen los restos de colada mediante unas placas metálicas afiladas que actúan de guillotina.

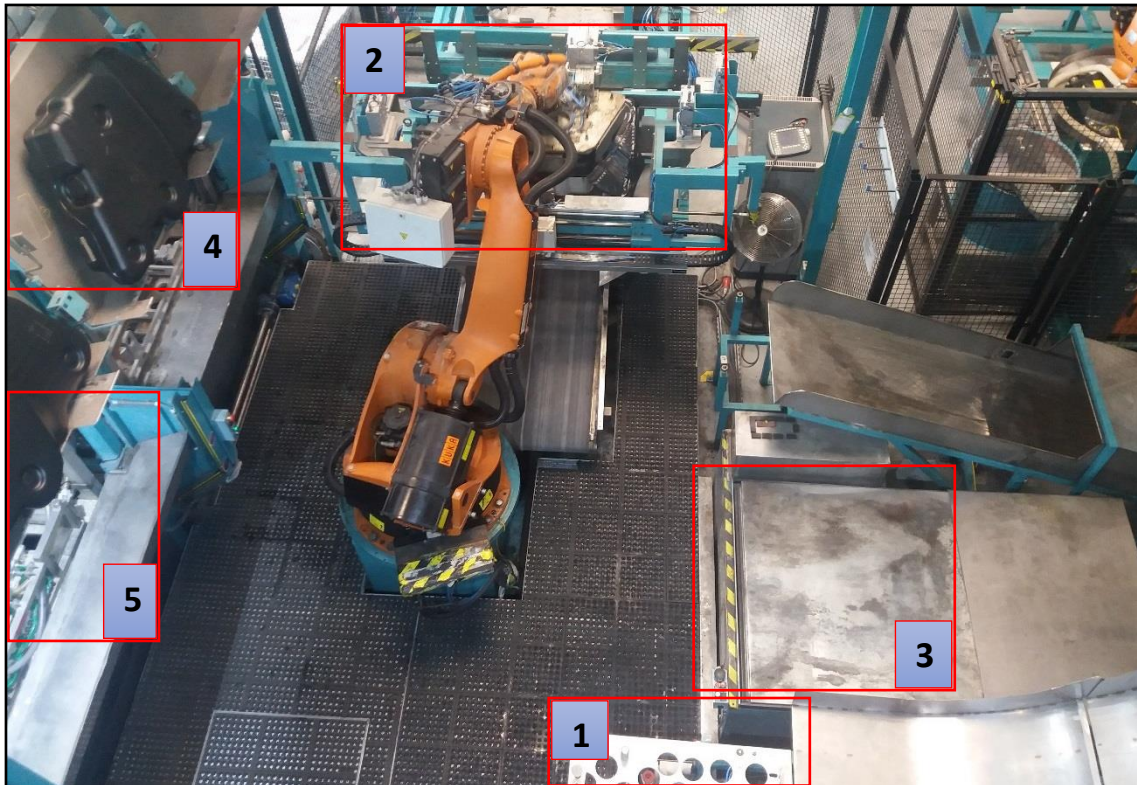


Figura 45. Secuencia robot de pelado. (Mesa de recogida “1” – Mesa de pelado “2” – Pesaje “3” – Buffer “4” – Conformadora “5”) (fuente: elaboración propia)

A continuación, el robot de soplado se lleva el tanque y lo deposita en la báscula (ver figura 45 “3”) para producirse el pesaje del tanque. Seguidamente, el mismo robot de soplado se lleva el depósito pesado y etiquetado a un tiempo de espera de tres tanques encima de la conformadora (ver figura 45 “4”). Finalmente, el robot de soplado termina su ciclo dejando el depósito dentro de la conformadora (ver figura 45 “5”).

En todo momento, respetando el FIFO (*First In First Out*), el robot de pelado introduce el tanque correspondiente en la conformadora tal y como muestra la figura 46.



Figura 46. Colocación del tanque del buffer en la conformadora. (fuente: elaboración propia)

En la conformadora, el depósito es sumergido en agua fría y sujeto a una presión interior para que la burbuja de plástico se enfríe y coja definitivamente la forma. A continuación, se obtiene el tanque soplado sin mecanizar y sin componentes soldados o ensamblados. Se puede apreciar (figura 47) como el tanque contiene la bayoneta insertada que una vez colocada la bomba aforador, mediante una junta tórica y una anilla, permitirá realizar un cierre hermético.

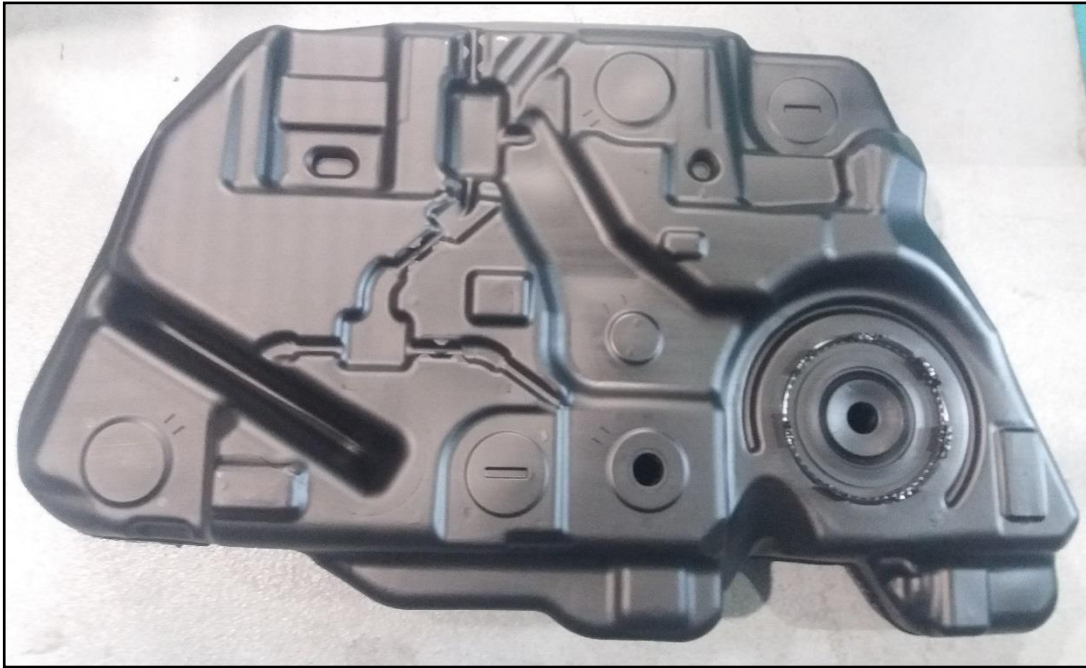
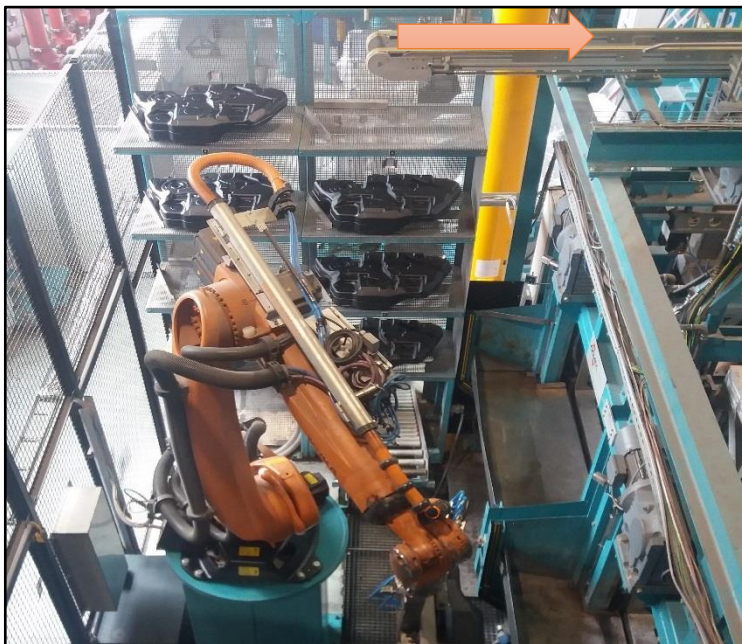


Figura 47. Depósito soplado previo al mecanizado. (fuente: elaboración propia)



Ahora que se tiene la forma del tanque, es hora de empezar a hacer recortes en aquellas zonas donde se le soldarán componentes después de que el depósito soplado entra en un tiempo de espera (*Paternoster*) de unos 20-30 minutos manipulado por el robot Aging (figura 48) que se encarga de llenar y vaciar los distintos nichos para que termine su ciclo de contracción plástica.

Figura 48. Robot Aging. (fuente: elaboración propia)

Una vez ya se ha respetado el ciclo de unos 20-30 minutos en el *Paternoster*, el robot Aging coloca los depósitos en la cinta superior de los nichos para poder enviar los tanques a la estación del mecanizado tal y como se aprecia en la figura 49.



*Figura 49. Cinta transportadora donde tanques soplados camino al área del mecanizado.
(fuente: elaboración propia)*

En caso del producto Ford CD 4.1, el tanque entra en la segunda área, el mecanizado (ver figura 50), donde se mecaniza mediante unas unidades de recorte y soldadura que trabajan para soldarle componentes tales como válvulas, manguitos de ventilación, aletas de sujeción, clips, mangueras, etc.



Figura 50. Mecanizado del CD 4.1. (fuente: elaboración propia)

En cambio, para los productos Ford CD 4.2 FWD y AWD entran en un complejo conocido como Flex- Line (ver figura 51), formado por robots que realizan todas las operaciones de recortes y soldadura de componentes (ver figura 52).



Figura 51. Complejo Flex-Line formado por siete robots realizando operaciones de mecanizado y soldadura. (fuente: elaboración propia)



Figura 52. Robots que realizan recortes al depósito (izquierda) y después se sueldan los componentes (derecha). (fuente: elaboración propia)

Una vez se dispone de los depósitos mecanizados de los tres productos Ford CD 4.X, pasarán por la estación de montaje de la bomba aforador (ver figura 53) localizada en el área de ensamblaje. En esta estación, se colocará la bomba aforador y mediante una junta tórica y una anilla, se le aplicará un par de apriete para que quede cerrado haciendo tope con la bayoneta insertada ya en el tanque. Seguidamente, se procederá a realizar una comprobación automática del lleno-vacío del tanque, es decir, se gira todo el tanque y se pone boca abajo para ver si el valor de resistencia de la bomba aforador marca el valor correcto.

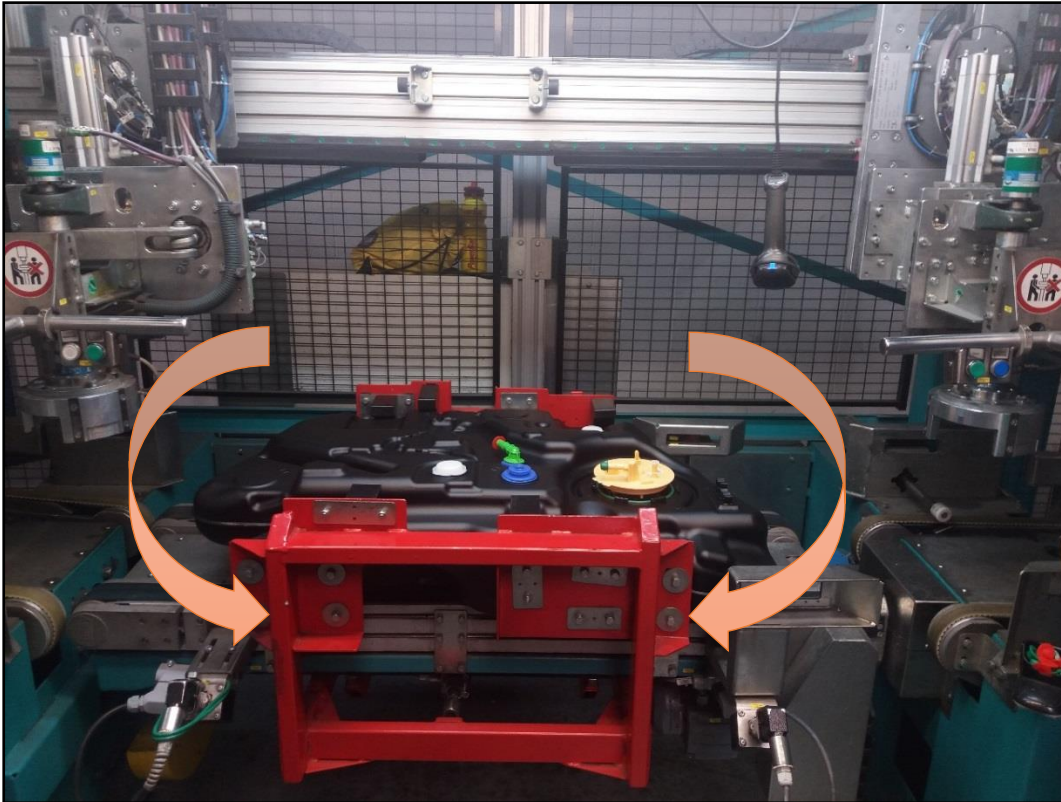


Figura 53. Estación del montaje de la bomba aforador. (fuente: elaboración propia)

Finalmente, se somete a la prueba de la estanqueidad (ver figura 54) en el 100% de la producción y se añaden otros complementos cómo pueden ser tuberías, placas anti-caloríficas, espumas, etc en la estación final de montaje (ver figura 55).

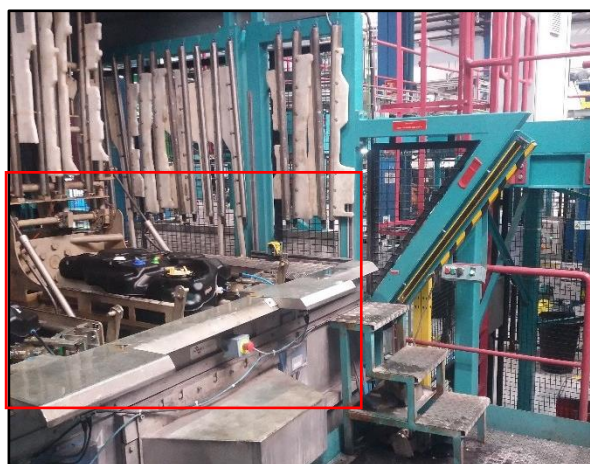


Figura 54. Estación estanqueidad. (fuente: elaboración propia)



Figura 55. Estación del montaje final. (fuente: elaboración propia)

Este es el final del proceso productivo, donde se obtiene el producto final (ver figura 56) listo para ser entregado a cliente. Se puede apreciar como el depósito de combustible ya contiene todos los componentes soldados y ensamblados.



Figura 56. Producto final (CD 4.2 FWD). (fuente: elaboración propia)

Por último, el producto final se almacena en racks (estanterías portables como la de la figura 57) que se envían a cliente sujeto a la demanda *Just In Time*.



Figura 57. Racks (estanterías portables) (fuente: elaboración propia)

En resumen, el proceso descrito anteriormente describe el flujo del producto mostrado en la siguiente figura 58, para los tres productos de Ford CD 4.X.

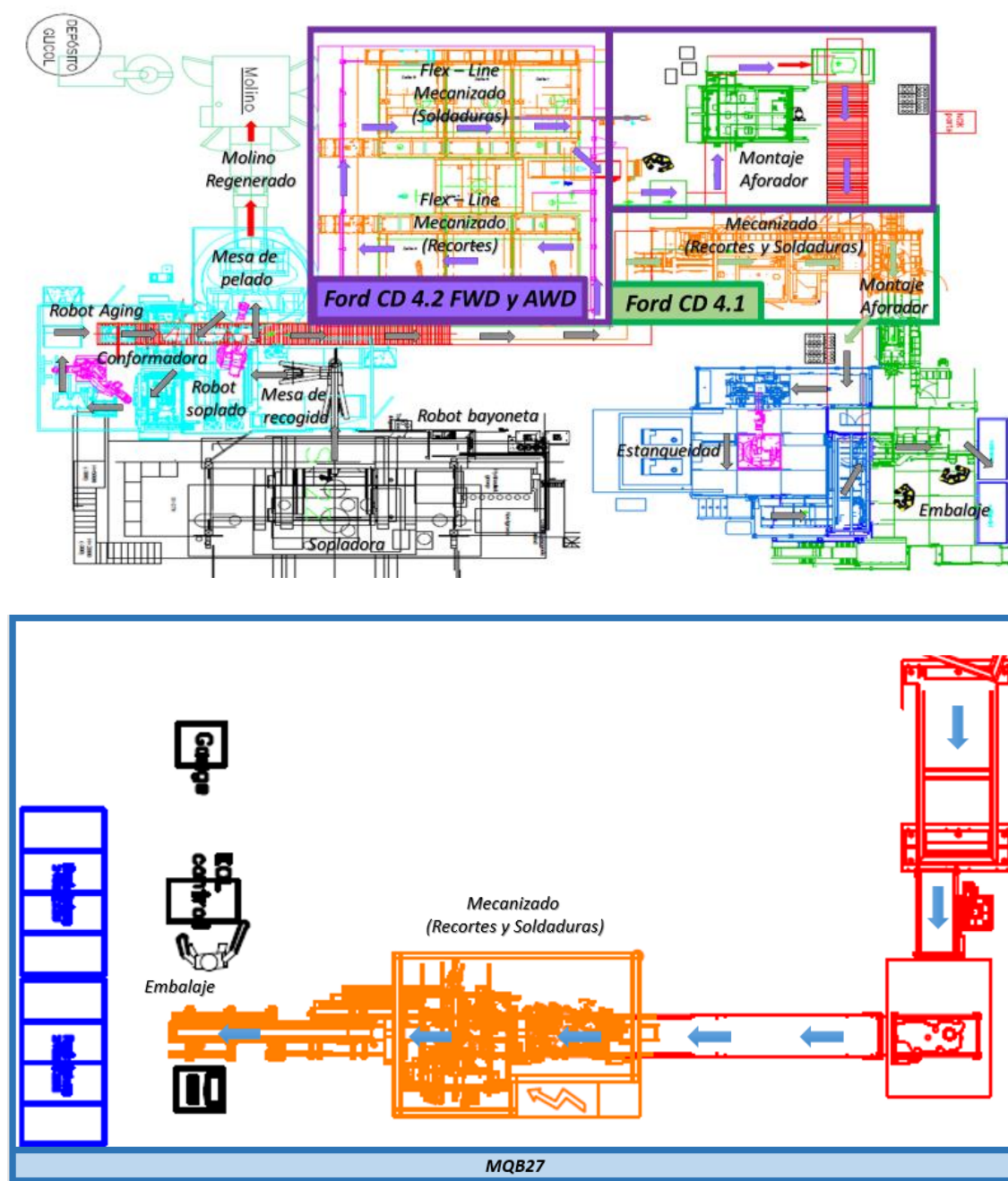


Figura 58. Diagrama del flujo del proceso productivo S-22. (fuente: elaboración propia)

4.6. Descripción de la cadena de suministro

4.6.1. Proveedores

El sistema de aprovisionamiento de Kautex (KISA) consta de dos centros logísticos importantes (resaltados en azul en la figura 59), uno sería para el flujo de aprovisionamiento de los componentes necesarios de Kautex (KISA) para fabricar el producto semielaborado, y el otro flujo sería para los componentes de las plantas de montaje (Lisboa, Martorell y Pamplona) para completar el producto final de venta al cliente. A continuación, se muestra un esquema (figura 59) donde se puede apreciar los aprovisionamientos de los proveedores de materia prima y componentes, la empresa de almacenaje subcontratada PAM y los centros de producción de Kautex (KISA y las plantas de montaje).

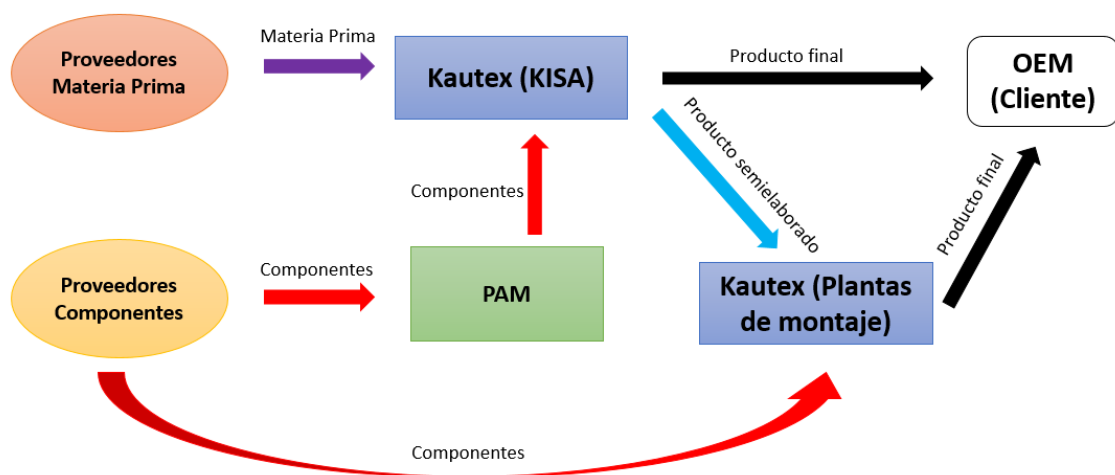


Figura 59. Cadena de suministro. (fuente: elaboración propia)

Aprovisionamientos de Kautex (KISA)

El aprovisionamiento de materia prima (granulado) de HDPE, se realiza en forma de granza cargado en camiones cisternas y se descarga en cuatro grandes silos, en los que se almacena y se suministra a las tolvas de las distintas extrusoras mediante una bomba de vacío y conductos *piping*.

En cambio, el aprovisionamiento de componentes, llega a Kautex (KISA) proveniente de otros proveedores de plástico ya sea por carretera o mar. Estos componentes se almacenan en la empresa PAM que está situada dentro del mismo polígono industrial. Esta empresa tiene subcontratada la gestión del stock de componentes y se encarga del aprovisionamiento periódico de los componentes necesarios en las líneas de producción mediante el método *Kanban* (ver explicación en el apartado 4.7).

Aprovisionamientos de Kautex (Plantas de Montaje)

Únicamente para aquellos productos que dispongan de la segunda fase de fabricación comentada, las plantas de montaje se aprovisionarán de componentes y del producto semielaborado fabricado en KISA. Estos componentes serán entregados directamente por los proveedores sin la necesidad de pasar por el almacén subcontratado de la empresa PAM. De este modo, son estas mismas plantas de montaje que realizan el pedido de aprovisionamiento de componentes según el pedido emitido por el cliente.

Algunos de los proveedores del grupo son:

- **Materia Prima:** Continental
- **Componentes:** Bosch, Galvoplast, TI Automotive, etc.

Un rasgo muy importante en cuanto la localización geográfica de los proveedores es que Kautex (KISA) pertenece al grupo Kautex multinacional con la *HeadQuarters* en Bonn (Alemania) y es desde la central de Bonn, donde se eligen los proveedores a nivel general. Es decir, Kautex en Europa tiene unas 12 plantas industriales manufactureras, que son aprovisionadas con proveedores mayoritariamente compartidos (ver localización de proveedores en la figura 60). También, hay alguna planta del grupo que fabrica componentes que sirven para aprovisionar otras plantas.



Figura 60. Localización geográfica de los proveedores de Kautex KISA.

(fuente: elaboración propia)

4.6.2. Estructuración del mercado automovilístico

Antes de entender quién es el cliente, es necesario conocer la estructuración del sector automovilístico. En la estructura del mercado automovilístico cabe destacar la pirámide de clasificación de las empresas del sector, es decir, desde la empresa que produce la materia prima (TIER 3) hasta la empresa que comercializa el automóvil ensamblando distintos módulos o partes del automóvil (OEM). En este caso de estudio, Kautex (KISA) se trata de una empresa del nivel 1, es decir TIER 1, por lo que se caracteriza de ser una empresa fabricadora de sistemas que seguidamente el OEM ensambla para obtener el automóvil final. El sistema de Kautex es el depósito de combustible.

En la figura 61, se puede apreciar una clasificación a modo de ejemplo para ubicar las distintas empresas del mercado.

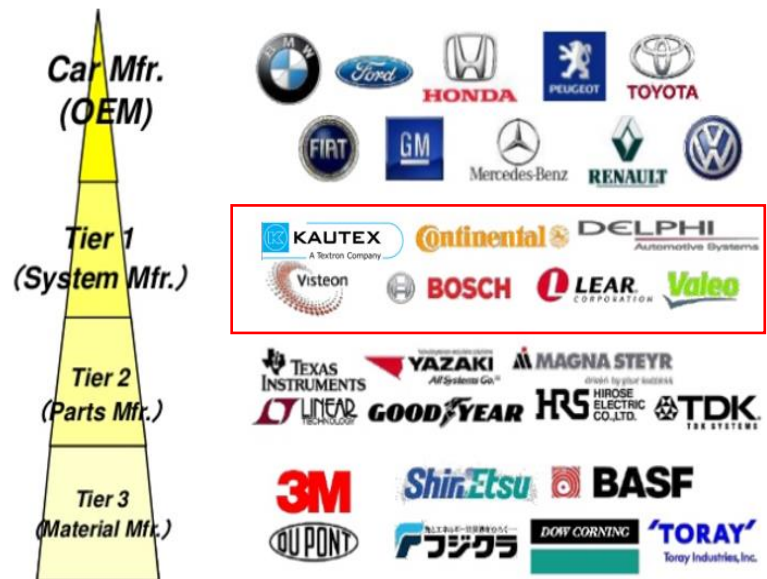


Figura 61. Estructuración del mercado automovilístico. (fuente: ESPEC Corporation)

4.6.3. Clientes

Como se ha mencionado en el apartado 4.6.2, Kautex es una TIER1 por el hecho de que es la primera línea de proveedores de los clientes OEM que realizan el montaje final o ensamblaje de los coches y los venden posteriormente al usuario consumidor. Por lo tanto, los clientes son Ford, Renault, SEAT y Volkswagen. Son reducidos en número, pero muy grandes en tamaño, y pertenecen todos al mismo mercado, el del automóvil. En este caso de estudio, algunos de los clientes directos donde se entrega el producto terminado son SEAT (Martorell), Volkswagen (Navarra), Ford (Valencia), etc. (ver localización de los clientes en la figura 62)



Figura 62. Localización geográfica de algunos de los clientes de Kautex (KISA).
(fuente: elaboración propia)

4.6.4. Transporte

El *packaging* de los depósitos de combustible está constituido por un rack, que es una especie de estantería portable en la que tiene varios nichos para colocar los depósitos, aproximadamente unos 12 depósitos. Estos racks se pueden apilar entre ellos y generalmente son transportados en camiones tráiler en los que se pueden cargar unos 18 racks.

Una característica indispensable de estos racks es que deben garantizar excepcionalmente la calidad del producto y la ergonomía del trabajo a realizar con él, ya que sino cualquier manipulación errónea de la carga podría originar un defecto de calidad o un accidente laboral. Para ello, el rack consta de mecanismos como pueden ser topes mecánicos, espumas o sujeciones que garantizan las prestaciones de calidad, ergonomía y seguridad. Por lo tanto, el diseño del rack se realiza generalmente por el cliente al inicio del proyecto y debe estar aprobado por ambas partes, en este caso por Kautex y el cliente, respectivamente.

Respecto las rutas de transporte, siempre son de ida y vuelta con la misma cantidad de racks (llenos y vacíos). De esta manera se tiene en circulación una serie de racks homologados por el cliente.

4.7. Filosofía del sector automovilístico

La industria del automóvil es un conjunto de compañías y organizaciones relacionadas en las áreas de diseño, desarrollo, manufactura, marketing, y ventas de automóviles. Es uno de los sectores económicos más importantes en el mundo por ingresos. La industria del automóvil no incluye a las compañías dedicadas al mantenimiento de automóviles que ya han sido entregados a un cliente, es decir, talleres mecánicos y gasolineras.

A continuación, se explica brevemente las características y metodologías de este sector tan importante de hoy en día. Este conjunto de metodologías viene promovido por el concepto de *Lean Manufacturing*, que supone un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en un proceso, pero si implican costo y esfuerzo. La principal filosofía en la que se sustenta el *Lean Manufacturing* radica en la premisa de que "todo puede hacerse mejor"; de tal manera que en una organización debe existir una búsqueda continua de oportunidades de mejora. (fuente: *interna Handbook Manufacturing Basics Kautex*)

Como resultado, una organización que aplique *Lean Manufacturing* debería ajustar su producción a la demanda, en el momento y las cantidades en que sea solicitada, y con un costo mínimo. Según entonces, *Lean Manufacturing* puede definirse como una filosofía de producción que agrupa un conjunto de técnicas que nos facilitan el diseño de un sistema para producir y suministrar en función de la demanda, con el mínimo costo, una calidad competitiva y alta flexibilidad; de tal forma que *Lean Manufacturing* permitirá que la organización:

- Minimice sus inventarios
- Minimice sus retrasos
- Minimice su espacio de trabajo
- Minimice sus costos totales
- Minimice su consumo energético
- Mejore su calidad

En términos generales, contribuye a que la organización sea más competitiva, innovadora y eficiente, por cual el *Lean Manufacturing* engloba múltiples metodologías o sistemas (ver figura 63) que juntos consiguen una fabricación ágil y esbelta.



Figura 63. Pilares fundamentales del Lean Manufacturing.
(fuente: Kaizen consulting)

Las principales metodologías son explicadas a continuación en los siguientes subapartados.

4.7.1. JIT (*Just In Time*)

El sistema de gestión *Just in Time (JIT)* está orientado a mejorar la flexibilidad del proceso productivo y hacerlo competitivo en el sector de automoción. La esencia del sistema JIT, desarrollado por Toyota, se resume en que los inventarios representan un despilfarro, ya que son el resultado de la incapacidad para establecer flujo uniforme de materia prima, productos en curso y productos terminados siendo su función de mejorar la planificación de los gestores en la empresa. Los elementos principales del JIT son disponer sólo del inventario cuando éste se requiere, mejorar la calidad hasta llegar a cero defectos, reducir los plazos de entrega, reducir el tiempo de preparación, el tamaño de los lotes y, adicionalmente, revisar las operaciones mismas y conseguir todo ello a un coste mínimo.

Las existencias en exceso (por encima de los recursos necesarios) suponen los siguientes inconvenientes:

- Absorben recursos innecesarios
- Generan mayores costes de almacenamiento
- Se incrementan las posibilidades de dañar el producto, así como producir obsolescencia

Los principales objetivos de la empresa usando este sistema son:

- Reducción de inventarios
- Aumento de la fiabilidad del producto
- Aumento de la eficiencia de la empresa (aprovechamiento de las capacidades de recursos humanos, entre otros)

Estos objetivos se consiguen mediante la estrategia *Pull*, que consiste en producir exactamente según el ritmo que el cliente pide y justo en el último momento posible. El inventario adquiere una perspectiva dinámica y de continuo movimiento.

4.7.2. Método Kanban

Kanban es una palabra de origen japonés que significa tarjeta, su concepto ha evolucionado hasta convertirse en señal, y se puede definir como un sistema de flujo que permite, mediante el uso de señales, la movilización de unidades a través de una línea de producción mediante una estrategia *Pull*.

Así entonces, podemos concluir que *Kanban* jalona el inventario a través de centros de trabajo, utilizando tarjetas para señalar la necesidad de otro contenedor de material. O dicho

de otra forma, la tarjeta es la autorización para que se produzca el siguiente lote de producción.

Las ventajas de utilizar este método son:

- Alinear la demanda con el flujo de producción, es decir, ataca la sobreproducción y el exceso de inventarios.
- Mejorar el nivel de servicio con relación al cumplimiento con el cliente (interno y externo).
- Soportar las actividades de planificación de la producción.

4.7.3. TPM (*Total Productive Maintenance*)

El Mantenimiento Productivo Total (*TPM– Total Productive Maintenance*) es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas. Cuando se hace referencia a la participación total, esto quiere decir que las actividades de mantenimiento preventivo tradicional pueden efectuarse no solo por parte del personal de mantenimiento, sino también por el personal de producción, un personal capacitado y polivalente.

El TPM enfoca sus objetivos hacia la mejora de la eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de fallos, no conformidades, tiempos de cambio, y se relaciona, de igual forma, con actividades de orden y limpieza. En estas actividades que se involucra al personal de producción, con el propósito de aumentar las probabilidades de mantenimiento del entorno limpio y ordenado, como requisitos previos de la eficiencia del sistema.

Además, el TPM presenta las siguientes ventajas: (*fuentes: interna Handbook Manufacturing Basics Kautex*)

- Mejoramiento de la calidad: Los equipos en buen estado producen menos unidades no conformes
- Mejoramiento de la productividad: Mediante el aumento del tiempo disponible
- Flujos de producción continuos: El balance y la continuidad del sistema no solo benefician a la organización en función a la disponibilidad del tiempo, sino también reduce la incertidumbre de la planeación
- Aprovechamiento del capital humano
- Reducción de gastos de mantenimiento correctivo: Las averías son menores, así mismo se reduce el rubro de compras urgentes
- Reducción de costos operativos

4.7.4. SMED (*Single-Minute Exchange of Die*)

Una de las técnicas más exitosas en la reducción de los tiempos perdidos por preparación es la metodología SMED (*Single Minute Exchange Die - Cambio de matriz en un solo dígito de minuto*). En este caso se aplica a los cambios de producto de la línea de producción, donde incluye el cambio de molde de la máquina sopladora y el cambio de la periferia. La hipótesis en que se fundamenta el SMED supone que una reducción de los tiempos de preparación permite trabajar con lotes más reducidos, es decir, tiempos de fabricación más cortos, lo cual redundará en una mejora sustancial de tiempos de entrega y de niveles de producto en tránsito.

La aplicación del método SMED consiste en el desarrollo de cuatro fases: (*fuentes: interna Handbook Manufacturing Basics Kautex*)

Primera fase: Separar las operaciones internas de las externas.

Esta primera fase implica diferenciar entre la preparación con la máquina parada (preparación interna) y la preparación con la máquina en funcionamiento (preparación externa). En el primer caso se hace referencia a aquellas operaciones que necesitan inevitablemente que la máquina esté parada. En el segundo caso se hace referencia a las operaciones que se pueden realizar con la máquina en marcha. El primer paso consiste en diferenciar este tipo de operaciones, es decir, cuando la máquina está parada no se debe realizar ninguna operación de la preparación externa. En las operaciones con la máquina parada se deben realizar exclusivamente la retirada y la colocación de los elementos particulares de cada producto (molde, matrices, ajustes etc.).

Segunda fase: Convertir operaciones internas en externas.

Esta actividad debe efectuarse siempre y cuando sea posible. Sin embargo, la conversión de actividades internas en externas no se limita de ninguna manera a efectuar actividades de preparación sobre la máquina cuando esta se encuentra operando, como por ejemplo efectuar un calentamiento previo de las herramientas del molde de la máquina sopladora, previo a montarse en la máquina.

Tercera fase: Organizar las operaciones externas.

Esta fase se basa en la disposición de todas las herramientas y materiales (matrices, elementos de fijación, etc.) que soportan las operaciones externas. Estos elementos deben estar dispuestos al lado de la máquina tras haberse realizado toda reparación de los componentes que deben entrar. Es usual que en esta fase se deba realizar algún tipo de inversión en activos de manutención, almacenamiento, alimentación o transporte.

Cuarta fase: Reducir el tiempo de las operaciones internas.

Esta fase consiste básicamente en reducir al mínimo los procesos de ajuste. Se considera que este tipo de procesos constituye entre el 50% y el 70% de las operaciones de preparación interna. Uno de los mejores métodos de reducción corresponde a la estandarización de las características de los sistemas de sujeción de los elementos móviles de las máquinas. Otro aspecto clave en esta fase pasa por los tiempos de parametrización y ajuste para lograr la calidad del producto. En este caso, se debe fijar un estándar de las operaciones del proceso de cambio de utillajes que se relacionen directamente con los parámetros de calidad. Así se recurre frecuentemente a mejoras de ingeniería para obtener tales resultados.

4.7.5. Metodología de las 5S

La metodología de las 5S agrupa una serie de actividades que se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia. Dichas condiciones se crean a través de reforzar los buenos hábitos de comportamiento e interacción social, creando un entorno de trabajo eficiente y productivo. La metodología de las 5S es de origen japonés, y se denomina de tal manera ya que la primera letra del nombre de cada una de sus etapas es la letra “S” como se puede apreciar en la figura 64.



Figura 64. Actividades de la metodología 5S. (fuente: elaboración propia)

Los objetivos principales de esta metodología son: (fuente: interna Handbook Manufacturing Basics Kautex)

- Mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo

- A través de un entorno de trabajo ordenado y limpio, se crean condiciones de seguridad, de motivación y de eficiencia
- Eliminar los despilfarros o desperdicios de la organización
- Mejorar la calidad de la organización

4.7.6. Metodología DMAIC (*Six Sigma*)

Six Sigma es una metodología de trabajo que nació como una metodología de mejora y solución de problemas complejos. Se desarrolló como una herramienta de control y disminución de la variabilidad en los procesos. A partir de ese entonces su concepto ha evolucionado a través de múltiples aportes hasta convertirse en una filosofía puesta en práctica en los procesos de mayor desempeño.

Desde un punto de vista estratégico: *Six Sigma* es una filosofía que ajusta los procesos con la mínima tolerancia posible como una forma de reducir los desperdicios, los defectos y las irregularidades tanto en los productos como en los servicios.

Estrategia: se enfoca en la satisfacción del cliente.

Disciplina: Sigue un modelo formal y sistemático de mejora continua, DMAIC.

A continuación, en la figura 65 se puede apreciar el modelo DMAIC con las cinco etapas (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*).

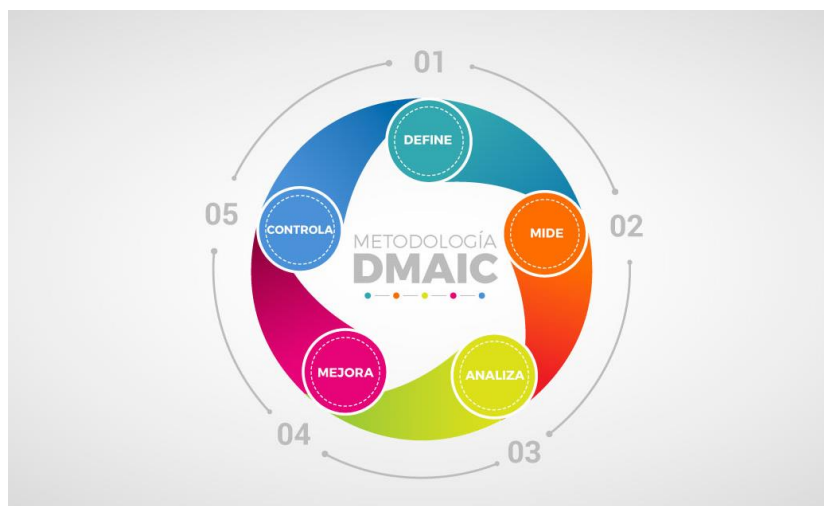


Figura 65. Etapas de la metodología DMAIC. (fuente: Cícero comunicación)

5. Etapas del proyecto de mejora (metodología DMAIC)

Ahora que ya se es conocedor de las características del sector de la automoción, del funcionamiento de la empresa Kautex, del producto de estudio y del proceso de fabricación, está por decidir cómo se puede plantear un proyecto de mejora se realizará para estabilizar y mejorar los inicios de lote de producción en las líneas descritas en el apartado 4.5.

Para tratar este proyecto en cuestión, hay que valorar cuál de las metodologías y métodos aplicables a una mejora de proceso se adapta de mejor manera. Como se ha explicado en el apartado 4.7, el enfoque del **Lean Manufacturing** está orientado a la productividad (velocidad, calidad, costo y entrega, en otras palabras, trata de la eliminación de desperdicios) y el **Six Sigma** está orientado a la reducción de la variación (solucionar problemas complejos). En este caso de estudio la productividad viene dada por el tiempo de ciclo de la máquina sopladora lo cual la reducción de éste, no entra en el alcance del proyecto. No obstante, la reducción de la variación del proceso en los inicios de lote de la producción sí que es alcance y objetivo de este proyecto.

En definitiva, el nuevo concepto de **Lean Six Sigma** (*Bill Smith ingeniero que aplica por primera vez esta metodología en la compañía Motorola*) describe mejor la estrategia a seguir para el desarrollo de este proyecto, puesto que trata sobre un mejoramiento continuo e incesante, es decir, análisis tras análisis, medida tras medida y proyecto tras proyecto. *Lean* causa que los productos se muevan más rápido a través del proceso y *Six Sigma* mejora la calidad. A partir de este concepto, aparece la metodología DMAIC constituida por sus cinco etapas Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar.

La planificación del proyecto en cuestión sigue la estructura DMAIC. A continuación, en la tabla 4 se desglosan las respectivas etapas y con su respectivo tiempo asignado. (CW = *Calendar Week* del año 2018)

		CW5	CW6	CW7	CW8	CW9	CW10	CW11	CW12	CW13	CW14	CW15	CW16	CW17	CW18	CW19	CW20	CW21	CW22	CW23	CW24	CW25
M	Decidir cómo medir resultados hasta la fecha																					
M	Medir resultados y presentar a equipo																					
A	Montar reuniones/revisiones periódicas con equipo																					
A	Creación herramienta análisis y comunicación																					
A	Establecimiento de objetivos																					
A	Definición de acciones (action plan)																					
I	Implementación herramienta de análisis y comunic.																					
I	Implementación acciones																					
C	Revisión de resultados																					
C	Evaluación conjunta de herramienta con ED																					
C	Retirada herramienta y análisis, mejora continua																					

Tabla 4. Diagrama de Gantt desglosado por las etapas del proyecto. (fuente: elaboración propia)

A continuación, se muestran las cinco etapas del proyecto siguiendo la metodología DMAIC con su respectivo *timing* (en *Calendar Week* año 2018) y detalle del contenido.

Etapas Definir (1 CW – 5 CW)

- Definir alcance del proyecto
- Planificación de las etapas del proyecto
- Definir el *in* y el *out of frame*
- Definir el equipo de trabajo
- Fuentes de información y planes de acción

Etapas Medir (5 CW – 7 CW)

- Tomar criterio de los inputs que se van a analizar
- Medir los resultados de los seis últimos meses según criterios tomados

Etapas Analizar (7 CW – 10 CW)

- Creación de la herramienta de análisis y comunicación
- Establecimiento de los objetivos del proyecto (KPI)
- Reuniones y revisiones con los miembros del equipo
- Definir las acciones a realizar (Plan de acciones)

Etapas Implementar (11 CW – 20 CW)

- Implementación de la herramienta de análisis y comunicación
- Asegurar la realización de las acciones

Etapas Controlar (20 CW – 23 CW)

- Revisión de resultados
- Evaluación del proyecto con el Equipo Directivo de KISA
- Retirada de la herramienta de análisis

5.1. Definir

5.1.1. Alcance del proyecto

El proyecto se basa en la mejora en los inicios de lote de producción en las líneas S12 y S22 de depósitos de combustible, tras un cambio de producto a fabricar o bien un inicio tras paro planificado o no planificado superior a 8 horas. Para ello, el período de análisis a considerar se ceñirá a las primeras 24 horas de producción una vez se haya iniciado el lote de producción.

Durante este período de análisis, se medirá a través de los indicadores KPI (*Key Performance Indicators*) ya existentes, con el objetivo de reducir la merma del proceso de producción, los paros de producción no planificados y como consecuencia, aumentar el OEE en los inicios de lote.

La consecuencia de un incremento del OEE en los inicios de lote de producción implica un aumento de eficiencia de la línea de producción y, en otras palabras, a una reducción de desperdicios y costes que contribuyen a un mejor rendimiento de la empresa, aumentando el margen de explotación en su cuenta de resultados.

El objetivo principal es establecer un método de trabajo, poder aplicar el método de trabajo a aquellas otras líneas de la planta industrial que lo requieran, dando así una polivalencia y herramienta de mejora en cualquier otro centro de producción para mejorar los KPI operacionales (Merma, Paro no Planificado y como consecuencia el OEE).

In frame (elementos a tener en cuenta)

- Estandarización de los arranques y paros de la máquina sopladora (ya que por histórico es donde hay más problemas que perjudican los KPI operacionales)
 - o Revisión y seguimiento de las pautas de arranque y paro de la sopladora
 - o Variabilidad en el peso de los tanques producidos consecutivamente en la sopladora
 - o Contaminación de material degradado en los primeros tanques durante los arranques
- Procedimiento para la comunicación entre Mantenimiento, equipo SMED y Producción
- Reuniones de seguimiento de problemas
- Resolución de problemas que influyan en los KPI operacionales
- Gestión de incidencias durante el cambio de molde
- Comprobaciones previas al arranque (Pautas equipo Cambio de Molde y Producción)
- *Silent observation* (supervisión y seguimiento) por el equipo SMED y apoyo de técnicos especialistas durante los arranques de máquina

Out frame (elementos a no tener en cuenta)

- Programación de robots y máquinas del proceso
- Parámetros de máquina del proceso
- SMED (estandarización y reducción del tiempo de cambio de molde)
- Productos en período de lanzamiento
- Creación de nuevos documentos para la línea

5.1.2. Equipo de trabajo

Al ser un proyecto que interfiere en distintos departamentos para cubrir las necesidades de descritas en el apartado 5.1.1, el equipo de trabajo creado es multidisciplinar contando con miembros del departamento de *Technology* y Mantenimiento, y otros del departamento de Producción. En la tabla 5 se definen cuáles son las funciones de cada uno de ellos en Kautex KISA.

Nombre		Función	
J.M.B (proyectista TFM)		Líder del proyecto	
J.E		Director del proyecto	
J.R		Líder Equipo SMED	
Línea de producción S-12		Línea de producción S-22	
Nombre	Función	Nombre	Función
M.R	Técnico de proceso	A.L	Técnico de proceso
J.P	Técnico especialista de proceso	P.M	Técnico especialista de proceso
D.M	Jefe de equipo	A.P	Jefe de equipo

Tabla 5. Equipo del proyecto con sus funciones respectivas. (fuente: elaboración propia)

5.1.3. Fuentes de información y planes de acción

La entrada de información para dar con el seguimiento del plan de acciones proviene de los indicadores KPIs de la línea de producción, es decir, el comportamiento del OEE y la merma (también conocida como Scrap), de las incidencias producidas en el cambio del molde (registradas por el equipo SMED) y el seguimiento del plan de acciones de la línea en particular por el *Task Force Team*.

En cuanto al registro de las acciones, hay tres planes de acciones abiertos por distintos responsables que retroalimentarán el plan de acciones de este proyecto. Estos planes de acción son:

- *Problem Follow-Up* (PFU) situado en la línea de producción en formato A3 y alimentado por el ingeniero de producción mediante las reuniones semanales *TOP 3 issues* con los responsables de producción.
- *Task Force Action Plan* en formato digital y alimentado por el ingeniero de producción mediante reuniones semanales con los responsables de Mantenimiento y Technology.
- *SMED Action Plan* en formato digital y alimentado por el responsable del equipo SMED mediante reuniones semanales con los responsables de Producción y Technology.

5.2. Medir

5.2.1. Qué KPI se van a medir y con qué frecuencia

Como en todo proyecto, antes de analizar unos datos en cuestión, hay que presentar todos los KPI operacionales y tomar decisiones de qué medir. Teniendo al alcance un histórico de datos sobre los fallos e incidencias de las dos líneas de producción del estudio, junto con los fallos desglosados por los productos y estaciones de cada línea durante todos los días de producción de ésta.

En este caso de estudio, la toma de datos se ceñirá a todos aquellos problemas que hayan producido Merma y Paro No Planificado durante las primeras 24 horas después de un inicio de lote. Por lo tanto, los KPI del proyecto son: **Scrap** (hace referencia al tanto por ciento de piezas malas de la producción) y **Downtime** (contempla todos aquellos paros no planificados que ocurren durante la producción).

Un inicio de lote se puede dar en dos ocasiones: la primera cuando haya habido un cambio de producto (cambio de molde en la máquina sopladora), lo cual implicaría un cambio de molde en que se tiene la máquina parada durante entre tres y cinco horas dependiendo del producto. La segunda ocasión se podría dar cuando ha habido algún tipo de paro por fin de semana o vacaciones. Por lo tanto, la frecuencia de medición va sujeta a la planificación realizada semanalmente por los departamentos de logística y producción.

Ahora que ya se es conocedor de los procesos productivos de ambas líneas explicados en el apartado 3.5. En las tablas 6 y 7, se detallarán todos aquellos tipos de fallos que pueden darse. De esta manera, se estandarizará la toma de datos y todos los inputs recogidos deberán clasificarse según los siguientes filtros. También se puede apreciar la relación de cada área con los motivos de la merma. No obstante, los motivos sin colorear hacen referencia a todas las áreas en cuestión.

Productos S-12	Productos S-22	Área	Why (5M)	Motivos Merma
Renault HFE	CD 4.1	Soplado	Medida	Control de Calidad
Sharan Mono	CD 4.2 FWD	Mecanizado	Hombre	Arranque Paro
Sharan COEX	CD 4.2 AWD	Ensamblaje	Máquina	Optimización de ingeniería
	MQB27		Material	Defecto de peso
			Método	Espesor del depósito
				Material Contaminado
				Deformación por proceso
				Falta componente
				Superficie dañada o golpeada
				Defecto de recortes
				Defecto de componente
				Defecto de soldaduras
				Defecto de remaches
				Escaneado o Etiquetado
				Problema ensamblaje
				Fallo de máquina
			Otros	

Tabla 6. Filtros utilizados para categorizar la Merma. (fuente: elaboración propia)

Filtros para los problemas que producen **Downtime** (Paro No Planificado):

Fallo sopladora		Fallo equipos postsoplado		Fallo molde		Cambio o ajuste molde		Mantenimiento planificado	
BS01	Fallo cierre	BE01	Fallo robot aging	BH01	Fallo refrigeración	BCM0	Cambio de molde	BM01	TPM
BS02	Fallo expulsión	BE02	Fallo robot pelado	BH02	Fallo aguja	BCM1	Cambio de versión	BM02	Limpieza 6s
BS03	Fallo puente soplador	BE03	Fallo robot conformadora	BH03	Fallo rosca			BM03	Mantenimiento preventivo
BS04	Fallo pinzas extractoras	BE04	Fallo conformadora	BH04	Fallo eléctrico			BM04	Optimización línea
BS05	Fallo mezcladora	BE05	Fallo pattern						
BS06	Fallo extrusora	BE06	Fallo recorte						
BS07	Fallo molino	BE07	Fallo soldadura						
BS08	Fallo bayoneta	BE08	Fallo ensamblaje						
		BE09	Fallo cinta						
		BE10	Fallo estanqueidad						
		BE11	Fallo nevera						
Arranque máquina		Problema o error logístico		Falta recursos		Falta planificación		Otros ajenos a la línea	
BA01	Arranque fin de semana	BL01	Faltan bayonetas	BR01	Falta de personal	BP01	Formación	BO01	Fuga/avería gral. Agua
BA02	Paro fin de semana	BL02	Faltan racks	BR02	Paro personal en formación	BP02	Paro planificado	BO02	Fuga/avería gral. Aire
		BL03	Faltan aforadores			BP03	Reunión comunicación	BO03	Fuga/avería gral. Aceite
								BO04	Fuga/avería gral. Fluor
								BO05	CAQ / IBS
Ensayos o prototipos		Problema material alimentación						BO06	Fallo neveras
BPR1	Ensayos / Pruebas	BAM1	Material contaminado					BO07	Fallo compresores
BPR2	Muestras	BAM2	Falta de material					BO08	Fallo corte eléctrico
BPR3	Optimiz. producto	BAM3	Fallo espesores					BO09	Otros
		BAM4	Limpieza cabezal						

*Tabla 7. Filtro de los fallos por motivo que provocan Paro No Planificado.
(fuente: elaboración propia)*

5.2.2. Comunicación y revisión del estado del proyecto

Una vez hecha la reunión de puesta en marcha con todos los miembros del equipo, se van realizando reuniones de seguimiento semanalmente del proyecto en cuestión, con el director del proyecto para ir siguiendo todos los hitos marcados. No obstante, la interacción con los miembros del equipo es constante durante toda la semana, como se explicará más adelante, hay varias reuniones semanales fijadas para tratar y dar seguimiento a los problemas emergentes de las líneas.

Las reuniones de interacción normalmente se dan en salas de reuniones de la empresa, proyectando el plan de acciones respectivo a los tres temas de reunión comentados en la etapa Definir, y tomando nota de las contribuciones de los miembros del equipo, aunque a veces por flexibilidad y agilidad se hacen *in-situ* en la misma línea de producción. Sin embargo, también hay que tener en cuenta todas aquellas aportaciones de conocimiento que se dan de manera impersonal a diario con los técnicos. Es por eso, que el ingeniero de producción debe juntar toda esa información y conocimiento para focalizarlo en el seguimiento de los problemas de Paro no planificado y Merma de cada línea de producción para dar con soluciones robustas y eficaces.

5.3. Analizar

5.3.1. Revisión datos último semestre

Se ha comentado en el apartado 5.2.1, que se dispone de un histórico de datos e información de las líneas de producción de varios años de antigüedad, ya que es uno de los puntos del contrato con cada cliente. Es importante almacenar los datos de producción y otros departamentos como Calidad, para poder hacer frente a futuras reclamaciones de calidad por parte del cliente, y entonces poder contrastarlo con el histórico y analizar e investigar si la reclamación va relacionada con algún problema o desviación del proceso. Este histórico está compuesto por unas hojas de cálculo hechas por el proyectista donde semanalmente se recogen toda la información relevante de la producción.

Para este caso de estudio, únicamente se ha utilizado la información de los datos de producción recogidos entre agosto 2017 hasta enero 2018. Al haber recopilado datos desde verano a invierno, se hace una extrapolación al resultado que se obtendría en un año entero, puesto que el gradiente de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc) son distintas en verano e invierno y esto afecta directamente al producto por el mero hecho de ser plástico. De esta manera, la calidad de los datos será mayor en precisión ya que como todo proceso de fabricación con plástico, hay una ligera variabilidad a lo largo de las estaciones del año.

Con esto, se pretende obtener una foto clara de cuál es la situación de partida y así poder fijar unos objetivos SMART del proyecto.

5.3.2. Herramientas usadas para la medición

Para la recopilación y análisis de los datos del histórico, ha sido necesaria la creación de una plantilla en hoja de cálculo configurada de tal manera que sea fácil registrar todos los problemas que causen Merma y Paros no planificados a lo largo de las semanas, desglosados por todos los productos disponibles y otros filtros que se comentarán a continuación.

La herramienta de medición dispone de dos hojas de entrada de información que son *Input Downtime* y *Input Scrap* donde se puede encontrar las siguientes columnas (ver tabla 8).

(Agosto 2017)									
Producto	Estación	Motivo	Fallo	Comentarios	34 CW	35 CW	36 CW	37 CW	38 CW
CD 4.2 FWD	Soplado	Fallo sopladora	Fallo pinzas extractoras	Cojinete roto pinza extractora	1,166667				
CD 4.2 FWD	Soplado	Fallo sopladora	Fallo pinzas extractoras	Pinzas extractoras	1				
CD 4.2 FWD	Mecanizado	Fallo equipos postsoplado	Fallo soldadura	Caida temperatura espejo W1	0,833333				
CD 4.2 FWD	Mecanizado	Fallo equipos postsoplado	Fallo robot aging	Aging parado	0,833333				
CD 4.2 FWD	Mecanizado	Fallo equipos postsoplado	Fallo robot aging	Apretar tubería	0,5				
CD 4.1	Soplado	Arranque máquina	Arranque fin de semana	Limpieza arranque		3,5			
CD 4.1	Mecanizado	Fallo equipos postsoplado	Fallo conformadora	Detector pincho del mecanizado	1,416667				
CD 4.1	Mecanizado	Fallo equipos postsoplado	Fallo recorte	Paro para recuperar depositos	0,833333				
CD 4.1	Mecanizado	Fallo equipos postsoplado	Fallo recorte	Recuperar depositos cambio versión	0,666667				
CD 4.2 FWD	Mecanizado	Fallo equipos postsoplado	Fallo soldadura	Fallo unidad W8 en mecanizado			1,166667		
CD 4.2 FWD	Ensamblaje	Fallo equipos postsoplado	Fallo ensamble	Cable mesa montaje aforador			1,083333		
CD 4.1	Soplado	Fallo sopladora	Fallo robot pelado	Ajustes hilo en deposito				2,5	
CD 4.1	Soplado	Fallo sopladora	Fallo bayoneta	Robot bayoneta dentro molde				0,5	
CD 4.1	Soplado	Fallo sopladora	Fallo pinzas extractoras	Tanque corta cortina soplado				0,166667	
CD 4.1	Soplado	Arranque máquina	Arranque fin de semana	Limpieza arranque					2
CD 4.2 AWD	Mecanizado	Fallo equipos postsoplado	Fallo estanqueidad	Fallo recogida deposito estanqueidad					1,333333
CD 4.2 AWD	Mecanizado	Fallo sopladora	Fallo conformadora	Error flujo de inyección en la conformadora					0,916667

Tabla 8. Hoja "Input Downtime" de la herramienta de análisis. (fuente: elaboración propia)

Producto: producto del lote a fabricar.

Estación (área): zona o área donde se ha provocado el problema, éste puede darse en el soplado, mecanizado o ensamble.

Motivo: motivo de paro ya sea por Fallo Sopladora, Fallo Equipos Post-Soplado, Fallo Molde, Cambio o Ajuste de Molde, Mantenimiento Planificado, Arranque de máquina, Problema o Error Logístico, Falta Recursos, Falta Planificación, Otros Ajenos a la Línea, Ensayos o Prototipos, Problemas Material Alimentación.

Fallo: fallo del motivo anterior según tabla 7 del apartado 5.2.1.

Comentarios: comentario para entrar más en detalle si procede.

Semanas: en CW (*Calendar Week*) tiempo de paro no planificado en horas a cada problema dado en días de inicio de lote por semanas.

Por lo que hace la hoja de la merma se tiene (ver tabla 9):

(Agosto 2017)							
Producto	Estación	Motivo	Why (5M)	Comentarios	34 CW	35 CW	36 CW
CD 4.2 FWD	Soplado	Fallo máquina	Maquina	Aging se queda parado	12		
CD 4.2 FWD	Soplado	Control de Calidad	Medida	Control calidad S-22	5		
CD 4.2 FWD	Soplado	Fallo máquina	Maquina	Fallo conformadora	8		
CD 4.2 FWD	Soplado	Otros	Metodo	Colada pegada en deposito	6		
CD 4.2 FWD	Soplado	Fallo máquina	Maquina	Fuga agua pinzas extractoras	6		
CD 4.2 FWD	Mecanizado	Control de Calidad	Medida	Control calidad S-22	3		
CD 4.2 FWD	Mecanizado	Otros	Maquina	Contaminado	3		
CD 4.2 FWD	Ensamblaje	Fallo máquina	Maquina	Fallo vacio robot estanqueidad	3		
CD 4.2 FWD	Mecanizado	Fallo máquina	Maquina	Fallo unidad recogida W7	3		
CD 4.1	Mecanizado	Control de Calidad	Medida	Control calidad S-22		7	
CD 4.1	Soplado	Control de Calidad	Medida	Control calidad S-22		5	
CD 4.1	Soplado	Defecto de peso	Material	Variación de peso		6	
CD 4.1	Mecanizado	Otros	Hombre	Cortina seguridad (operario)		4	
CD 4.1	Mecanizado	Defecto de soldadura	Maquina	Detector pincho del mecanizado		4	
CD 4.1	Mecanizado	Fallo máquina	Hombre	Cambio versión		4	
CD 4.1	Soplado	Arranque Paro	Metodo	Arranque CM / TPM / Semana		3	
CD 4.1	Soplado	Otros	Metodo	Arranque depositos acumulados		3	
CD 4.1	Ensamblaje	Fallo máquina	Maquina	Robot estanqueidad perdida vacio		2	
CD 4.2 FWD	Soplado	Control de Calidad	Medida	Control calidad S-22			6
CD 4.2 FWD	Mecanizado	Control de Calidad	Medida	Control calidad S-22			2
CD 4.2 FWD	Soplado	Arranque Paro	Metodo	Arranque CM / TPM / Semana			5
CD 4.2 FWD	Soplado	Fallo máquina	Maquina	Cable mesa montaje aforador			4
CD 4.2 FWD	Soplado	Fallo máquina	Maquina	Fallo unidad W8 en mecanizado			4
CD 4.2 FWD	Ensamblaje	Fallo máquina	Maquina	Caida tanque en estanqueidad			4
CD 4.2 FWD	Ensamblaje	Fallo máquina	Maquina	Depositos muy hinchados (estanqueidad)			3

Tabla 9. Hoja "Input Scrap" de la herramienta de análisis. (fuente: elaboración propia)

Producto: producto del lote a fabricar.

Estación: zona o área donde se ha provocado el problema, éste puede darse en el soplado, mecanizado o ensamblaje.

Motivo: motivo de merma ya sea por Control de Calidad, Arranque o Paro de máquina, Engineering Optimization, Defecto de peso, Defecto de Espesor, Contaminación, Deformación por proceso, Falta componente, Superficie dañada o golpeada, Recortes, Defecto de componente, Defecto de soldadura, Riveting Defect, Escaneado o etiquetado, Problema de ensamblaje, Fallo máquina, Otros.

Columna Why (5M): se debe asignar el problema según sea Medida, Hombre, Máquina, Material, Método.

Comentarios: comentario para entrar más en detalle si procede.

Semanas: en CW (*Calendar Week*) cantidad de piezas rechazadas por cada problema en los días de inicio de lote por semanas.

Una vez ya se ha introducido los datos de merma y paro no planificado según se ha explicado anteriormente, la herramienta de hoja de cálculo recopila toda la información, y muestra en gráficos y tablas dinámicas tal y cómo se muestra a continuación.

Durante agosto 2017 – enero 2018 se obtiene la siguiente tabla (tabla 10) donde se encuentra el Paro No Planificado en horas acumuladas desglosado por los cuatro proyectos de la línea de producción (columnas) y los motivos de fallo (filas).

Sum of Total		Column Labels			
		CD 4.1	CD 4.2 AWD	CD 4.2 FWD	MQB27
Row Labels		Grand Total			
Arranque máquina		10,50	2,25	1,33	14,08
Cambio o ajuste molde		0,00	0,00	0,00	0,00
Fallo equipos postsoplado		13,50	8,75	36,21	6,75
Fallo molde		0,50		2,59	3,09
Fallo sopladora		8,50	9,59	5,16	5,83
Falta recursos			0,92		0,92
Otros ajenos a la línea		4,75	0,17	0,92	5,84
Problema material alimentación		2,17	6,17	0,91	9,25
Grand Total		39,92	27,84	47,12	12,58
					127,47

Tabla 10. Tabla dinámica de Paro no planificado de la herramienta de análisis.
(fuente: elaboración propia)

También se puede visualizar de forma gráfica mediante la siguiente figura 66 (viendo la cantidad de configuraciones de filtros que se pueden aplicar).

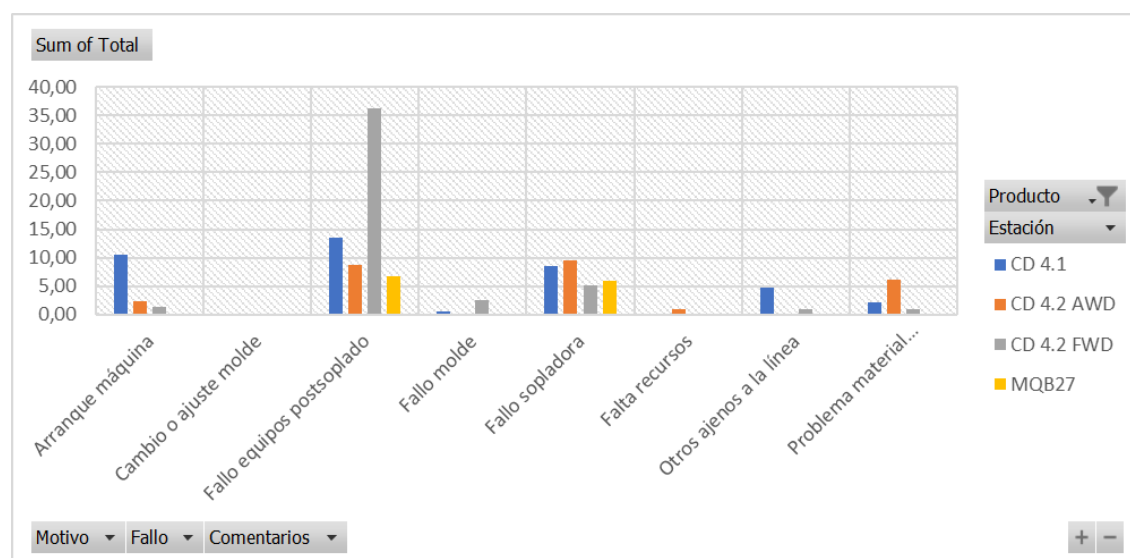


Figura 66. Gráfico dinámico de Paro no planificado de la herramienta de análisis.
(fuente: elaboración propia)

La tabla 10 y la figura 66 muestran el Paro No Planificado acumulado en el último semestre (agosto 2017 – enero 2018) desglosado por producto y motivos de fallo. A más a más, se dispone de un segundo desglose para ver qué fallos de cada motivo se dan y por dónde viene la mayor parte del tiempo de paro.

Durante agosto 2017 – enero 2018 se obtiene la siguiente tabla 11 donde se encuentra la Merma en cantidad de piezas acumuladas desglosado por los productos de la línea de producción (columnas) y los motivos de la merma (filas).

Sum of Total		Column Labels			
		CD 4.1	CD 4.2 AWD	CD 4.2 FWD	MQB27
Row Labels					
Arranque Paro		35	17	19	
Control de Calidad		27	9	16	
Defecto de peso		10	16	4	
Defecto de soldadura		51		42	20
Fallo máquina		206	143	230	122
Otros		50		27	14
Problema ensamblaje		2			
Recortes		9	26	27	4
Engineering Optimization		44	7		35
Deformación por proceso					11
Grand Total		434	218	365	206

Tabla 11. Tabla dinámica de merma de la herramienta de análisis.
(fuente: elaboración propia)

También se puede visualizar de forma gráfica mediante la siguiente figura 67 (viendo la cantidad de configuraciones de filtros que se pueden aplicar).

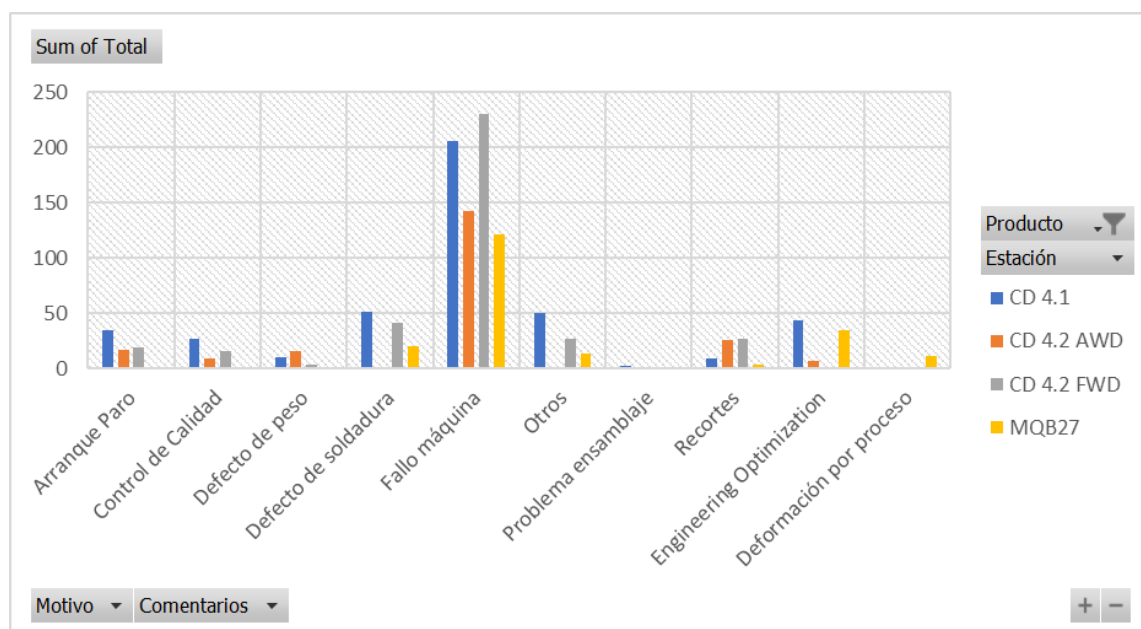


Figura 67. Gráfico dinámico de Merma de la herramienta de análisis.
(fuente: elaboración propia)

La tabla y el gráfico anterior muestran la merma acumulada entre Agosto 2017 y Enero 2018 desglosado por producto y motivos de fallo. A más a más, se dispone de un segundo desglose para ver que fallos de cada motivo se dan y por dónde viene la mayor cantidad de piezas de merma.

5.3.3. Evaluar creación de nuevas herramientas

La herramienta utilizada en el análisis será trabajada por el ingeniero de producción que se encargará de rellenarla adecuadamente para dar el seguimiento al proyecto, y así poder verificar si los objetivos establecidos son logrados con éxito. De esta manera, no hay la necesidad de añadir una nueva herramienta en la línea de producción que involucre la responsabilidad de los oficiales de producción.

5.3.4. Establecimiento de objetivos

Una vez ya se tiene conocimiento de la herramienta de análisis de este proyecto, ahora se pueden fijar unos objetivos en base a la situación de partida. Como se está analizando dos líneas de producción totalmente diferente, hay que establecer unos objetivos de merma y paro no planificado para cada una de las líneas. También, hay que tener en cuenta que no todos los productos del estudio entran en producción con la misma frecuencia debido a sus respectivas demandas. Es por eso que para hacerlo con mayor precisión habrá que desglosar los objetivos por producto.

Consensuándolo con todo el equipo del proyecto, el objetivo marcado para este proyecto es reducir en un 30% la **Merma** (cantidad de piezas rechazadas en las primeras 24 horas al iniciar el lote de producción) y en un 30% el **Paro No Planificado** (cantidad de horas de paro de la máquina sopladora en las primeras 24 horas al iniciar el lote de producción) de cada producto de las dos líneas de producción a lo largo de los 4 meses de estudio de marzo 2018 a junio 2018. Con esta directriz, se obtienen los siguientes objetivos resaltados en cuadrante rojo de la tabla 12 y tabla 13 para la S-12.

Durante agosto 2017 – enero 2018 se obtiene la siguiente tabla 12 donde se encuentra el Paro No Planificado en horas acumuladas desglosado por los cuatro proyectos de la S-12 (columnas) y los motivos de fallo (filas). La tabla también contiene el número de inicios de lote que se han producido a lo largo del tiempo de estudio. De esta manera, se puede calcular el promedio de cada producto.

Suma	Column Labels			
	Renault HFE	Sharan Coex	Sharan Mono	Grand Total
Row Labels				
Arranque máquina	0,58	27,74	8,75	37,07
Cambio o ajuste molde	0,00			0,00
Fallo equipos postsoplado	11,17	13,25	5,33	29,75
Fallo molde			0,50	0,50
Fallo sopladora	9,41		13,43	22,84
Falta planificación	2,00	0,33		2,33
Otros ajenos a la línea	3,00	5,66	2,91	11,57
Problema material alimentación	2,00		0,25	2,25
Problema o error logístico	2,00	4,42		6,42
Grand Total	30,16	51,40	31,17	112,73
Starts of Batch Production	11	11	10	32
Downtime Average (hours) out of 24 hours	2,74	4,67	3,12	3,52
Downtime Goal (hours) out of 24 hours	1,92	3,27	2,18	2,47

Tabla 12. Tabla dinámica del Paro no planificado acumulado, inicios de lote, promedio y objetivos S-12. (fuente: elaboración propia)

Durante agosto 2017 – enero 2018 se obtiene la siguiente tabla 13 donde se encuentra la Merma en cantidad de piezas acumuladas desglosado por los productos de la S-12 (columnas) y los motivos de la merma (filas). La tabla también contiene el número de inicios de lote que se han producido a lo largo del tiempo de estudio. De esta manera, se puede calcular el promedio de cada producto.

Suma	Column Labels			
	Renault HFE	Sharan COEX	Sharan Mono	Grand Total
Row Labels				
Arranque Paro	41	21		62
Contaminado	6		15	21
Control de Calidad	29	42	26	97
Defecto de peso	8		24	32
Defecto de soldadura	21	58	10	89
Fallo máquina	169	15	98	282
Falta componente		2		2
Otros	17	15	18	50
Recortes	56	34	23	113
Superficie dañada o golpeada			2	2
Grand Total	347	187	216	750
Starts of Batch Production	11	11	10	32
Scrap average (parts) during first 24 hours	32	17	22	23
Scrap goal (parts) during first 24 hours	22	12	15	16

Tabla 13. Tabla dinámica de la Merma acumulada, inicios de lote, promedio y objetivos S-12. (fuente: elaboración propia)

Si se quiere cuantificar el impacto económico del cual se parte, se requiere de los siguientes

datos financieros de la tabla 14 facilitados por el analista de costes, los cuales cuantifican monetariamente el coste que supone rechazar un depósito (€/pieza) y el coste que ocasiona un paro no planificado (€/h), desglosado por cada producto de la línea de producción S-12.

Scrap COST (€/pcs)		Downtime COST (€/h)	
MS12_Renault HFE	14,87	MS12_Renault HFE	98,40
MS12_Sharan Mono	22,23	MS12_Sharan Mono	98,40
MS12_Sharan Coex	18,89	MS12_Sharan Coex	82,20

Tabla 14. Datos financieros del Scrap (merma) y Downtime (Paro no planificado) de la línea S-12.

Utilizando el promedio del paro no planificado (*downtime*) de la tabla 12 y la merma (*scrap*) de la tabla 13, multiplicándolo por su respectivo coste de la tabla 14 se obtiene la tabla 15 con un impacto económico promedio total de **719,49€/inicio de lote** de línea de producción S-12.

S12 Products	Renault HFE	Sharan COEX	Sharan Mono	Line average
Downtime Average (hours) out of 24 hours	2,74	4,67	3,19	3,56
Downtime Average COST (€)	269,82 €	384,10 €	313,42 €	322,45 €
Scrap average (parts) during first 24 hours	29	16	21	22
Scrap average COST (€)	429,99 €	294,37 €	466,76 €	397,04 €
				719,49 €

Tabla 15. Impacto económico S-12. (fuente: elaboración propia)

El ahorro económico si se cumplen los objetivos en la S-12, aplicando la reducción del 30% tanto en merma como en paro no planificado, sería de **215,85 €** cada inicio de lote de producción, es decir, al menos una o dos veces por semana dependiendo de la planificación.

Para la línea de producción S-22, durante agosto 2017 – enero 2018 se obtiene la siguiente tabla 16 donde se encuentra el Paro No Planificado en horas acumuladas desglosado por los cuatro proyectos de la S-22 (columnas) y los motivos de fallo (filas).

Sum of Total		Column Labels			
		CD 4.1	CD 4.2 AWD	CD 4.2 FWD	MQB27
Row Labels		Grand Total			
Arranque máquina	10,50	2,25	1,33		14,08
Cambio o ajuste molde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fallo equipos postsoplado	13,50	8,75	36,21	6,75	65,21
Fallo molde	0,50		2,59		3,09
Fallo sopladora	8,50	9,59	5,16	5,83	29,08
Falta recursos		0,92			0,92
Otros ajenos a la línea	4,75	0,17	0,92		5,84
Problema material alimentación	2,17	6,17	0,91		9,25
Grand Total	39,92	27,84	47,12	12,58	127,47
Starts of Batch Production	10	6	11	2	29
Downtime Average (hours) out of 24 hours	3,99	4,64	4,28	6,29	4,40
Downtime Goal (hours) out of 24 hours	2,79	3,25	3,00	4,40	3,08

Tabla 16. Tabla dinámica del Paro no planificado acumulado, inicios de lote promedio y objetivos S-22. (fuente: elaboración propia)

Durante agosto 2017 – enero 2018 se obtiene la siguiente tabla 17 donde se encuentra la Merma en cantidad de piezas acumuladas desglosado por los productos de la S-22 (columnas) y los motivos de la merma (filas). La tabla también contiene el número de inicios de lote que se han producido a lo largo del tiempo de estudio. De esta manera, se puede calcular el promedio de cada producto.

Sum of Total		Column Labels			
		CD 4.1	CD 4.2 AWD	CD 4.2 FWD	MQB27
Row Labels		Grand Total			
Arranque Paro		35	17	19	71
Control de Calidad		27	9	16	52
Defecto de peso		10	16	4	30
Defecto de soldadura		51		42	20
Fallo máquina		206	143	230	122
Otros		50		27	14
Problema ensamblaje		2			
Recortes		9	26	27	4
Engineering Optimization		44	7		35
Deformación por proceso					11
Grand Total		434	218	365	206
Starts of Batch Production		10	6	11	2
Scrap average (parts) during first 24 hours		43	36	33	103
Scrap goal (parts) during first 24 hours		30	25	23	72

Tabla 17. Tabla dinámica de la merma acumulada, inicios de lote, promedio y objetivos S-22. (fuente: elaboración propia)

Si se quiere cuantificar el impacto económico del cual se parte, se requiere de los siguientes datos financieros de la tabla 18 facilitados por el analista de costes, los cuales cuantifican monetariamente el coste que supone rechazar un depósito (€/pieza) y el coste que ocasiona un paro no planificado (€/h), desglosado por cada producto de la línea de producción S-22.

Scrap COST (€/pcs)		Downtime COST (€/h)	
MS22_MQB	10,17	MS22_MQB	112,50
MS22_CD 4.1	17,37	MS22_CD 4.1	142,04
MS22_CD 4.2 FWD	18,77	MS22_CD 4.2 FWD	256,44
MS22_CD 4.2 AWD	18,98	MS22_CD 4.2 AWD	306,37

Tabla 18. Datos financieros del Scrap (merma) y Downtime (Paro no planificado) de la línea S-22.

Utilizando el promedio del paro no planificado (*downtime*) de la tabla 16 y la merma (*scrap*) de la tabla 17, multiplicándolo por su respectivo coste de la tabla 18 se obtiene la tabla 19 con un impacto económico promedio total de **1.912,39€/inicio de lote** en línea de producción S-12.

S12 Products	CD 4.1	CD 4.2 AWD	CD 4.2 FWD	MQB	Line average
Downtime Average (hours) out of 24 hours	3,99	2,53	7,85	6,29	4,40
Downtime Average COST (€)	567,04 €	775,32 €	2.014,08 €	707,79 €	1.016,06 €
Scrap average (parts) during first 24 hours	43	22	73	103	45
Scrap average COST (€)	753,86 €	413,76 €	1.370,21 €	1.047,51 €	896,34 €
					1.912,39 €

Tabla 19. Impacto económico S-22. (fuente: elaboración propia)

El ahorro económico si se cumplen los objetivos en la S-22, aplicando la reducción del 30% tanto en merma como en paro no planificado, sería de **573,72€/inicio de lote** de producción, es decir, al menos una o dos veces por semana dependiendo de la planificación operacional.

5.3.5. Definición de acciones a implementar para la mejora

Ahora que ya se tienen los objetivos marcados, ya se puede diagnosticar aquellas posibles causas que se pueda atacar sobre ellas. Para ello, se elabora un diagrama *Ishikawa* (también conocido como diagrama causa - efecto o espina de pez) ver figura 68.

Este diagrama ha sido elaborado mediante la técnica del *Brainstorming* involucrando a todos los miembros del equipo del proyecto y debatiendo qué causas posibles podrían influir en el efecto de las variaciones en los inicios de lote. Estas posibles causas, se agrupan en seis categorías que hay que tener en cuenta a la hora de analizar un problema, estas categorías son conocidas en inglés como las 6M (Mano de obra – *Manpower*, Máquina – *Machine*, Método – *Method*, Material – *Material*, Medición – *Measurement*, Ambiente – *Mother nature or Environment*).

Para este caso de estudio, las posibles causas que pueden influir en cada una de las categorías mencionadas anteriormente son:

Mano de obra: falta de formación en ajustes mecánicos realizados durante el cambio de molde (SMED), falta de formación en el seguimiento y mejora de las pautas de paro y arranque de la máquina sopladora, falta de formación en la realización del mantenimiento preventivo (TPM – *Total Productive Maintenance*) por el personal de producción, fallo de comunicación a la hora de realizar intervenciones en la máquina de forma paralela entre los equipos de cambio de molde (SMED), equipo de producción (Process Tech y Team Leader) y el equipo de mantenimiento.

Máquina: mala limpieza o purga de la máquina sopladora con material virgen siguiendo las

pautas de paro y arranque, variaciones en el tiempo de ciclo de la máquina sopladora, incorrecta velocidad de giro de las extrusoras, mala preparación del resto de máquinas.

Método: desactualización de las pautas de paro de la máquina sopladora, desactualización de las pautas de arranque de la máquina sopladora, incumplimiento de la pauta de revisión después del cambio de molde por el equipo SMED, incumplimiento en el tiempo de entrega de las piezas para ensayos de calidad (*FPI – First Part Inspection*), incumplimiento al reportar correctamente la merma y los paros no planificados por parte de producción.

Material: variaciones de temperatura del material regenerado, variaciones del tamaño de grano del material regenerado que ha sido triturado en los molinos, posibles casos de contaminación interna y externa.

Medición: desajuste del tiempo empleado para realizar las pautas de paro y arranque de la máquina sopladora, variación en el peso del depósito, variación en el tamaño de la colada del depósito, variaciones en los espesores de los depósitos.

Ambiente: paso de corriente de aire influyente en la caída del macarrón, fuertes variaciones de temperatura ambiente.

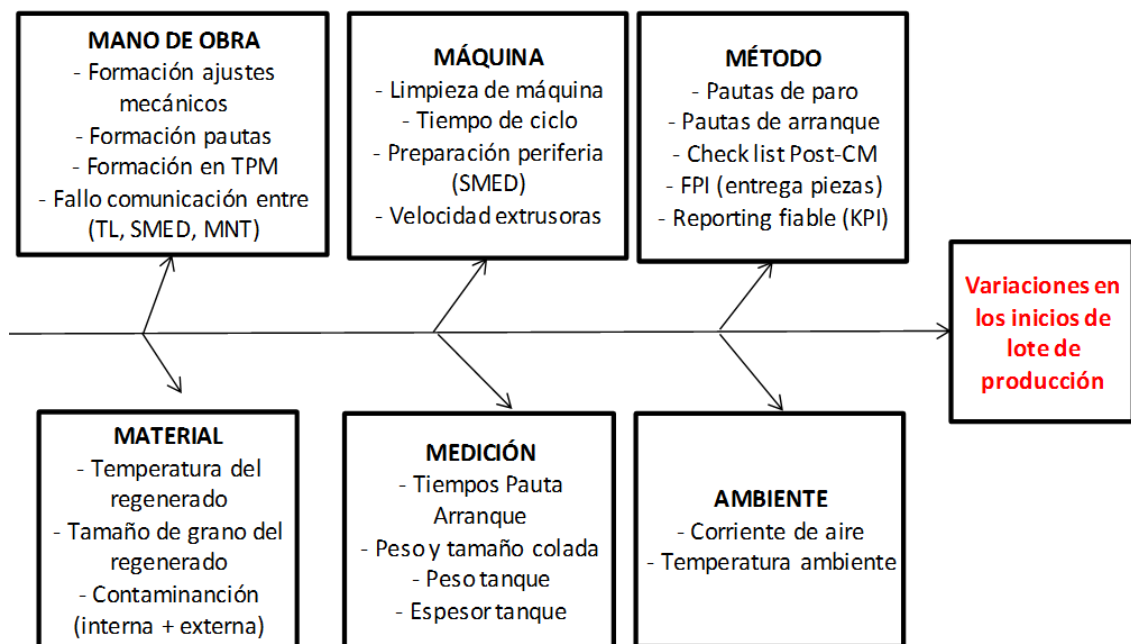


Figura 68. Diagrama Ishikawa (espina de pez) de las posibles causas – A3.

(fuente: elaboración propia)

Una vez se han definido todas aquellas posibles causas que puedan influir en las ineficiencias encontradas en los inicios de lote, se procede a analizar cada una de las causas candidatas y verificar por qué puede ser una causa. Finalmente, se decidirá si se confirma la posible causa como se puede apreciar en la figura 69.

Causas candidatas a ser confirmadas después del *Brainstorming*:

- 1) Las pautas de paro y arranque de la máquina sopladora pueden estar obsoletas, erróneas e incumplidas por el personal de producción, pudiendo ocasionar una mala purga de la máquina, producción de depósitos contaminados con restos de material degradado, errónea puesta en marcha de todos los robots y mecanismos del proceso productivo.
- 2) Falta de seguimiento y formación del personal de producción al realizar el arranque de la máquina sopladora mediante la pauta de paro y arranque.
- 3) Falta de formación en ajustes mecánicos y montaje de herramientas durante el cambio de molde por parte del equipo SMED. Estas ineficiencias se ven una vez acabado el cambio de molde, y se arranca la máquina sopladora con el nuevo producto por parte de producción.
- 4) Contaminación interna o externa de material plástico degradado, otros plásticos distintos al HDPE (Polietileno de alta densidad), metales, etc.
- 5) Fallo de comunicación entre los equipos de cambio de molde (SMED) y producción durante la realización del mismo cambio. Intervenciones planificadas no contrastadas o alineadas entre los dos equipos provocando una interrupción del trabajo de cada uno respectivamente.
- 6) Falta de formación en el apoyo al cambio de molde en la máquina sopladora por parte del equipo de producción. Cada cambio de molde realizado en la línea de producción está apoyado por una parte del personal de producción.
- 7) Falta de estabilidad en la caída del macarrón ocasionando que el depósito y la colada presenten variaciones. El depósito padece de variaciones de peso que es detectado en la primera estación del proceso y la colada padece variaciones de su tamaño en largo comparado.
- 8) Falta de formación en el apoyo al cambio de la periferia (resto de línea excluyendo la máquina sopladora) por parte del equipo de producción. Cada cambio de periferia realizado en la línea de producción está apoyado por una parte del personal de producción.
- 9) Falta de calidad y cumplimiento en la realización del TPM (*Total Productive Maintenance*) en los preventivos semanales planificados a realizar por parte del equipo de producción.
- 10) Información y datos erróneos reportados por la línea de producción acorde a la realidad, reflejándolos en los KPIs operacionales.

A continuación, se resumen todas las causas candidatas explicadas anteriormente, se verifican y se confirman con los miembros del equipo del proyecto, elaborando el formato A3 de la filosofía de *Lean Manufacturing*. De esta manera, se puede apreciar en la figura 69, que de las diez causas candidatas hay siete que están confirmadas de tener una influencia en las ineficiencias y variaciones en los inicios de lote de producción.

Verificación de las causas posibles					
#	Causa posible	Verificación	Resultado	Causa confirmado?	
1	Pautas de paro / arranque desactualizadas (limpieza de máquina)	Comprobado con los técnicos de soplado	Pautas desactualizadas y no adaptadas al proceso	Sí	
2	Falta de formación en pautas de paro / arranque	Verificado con auditorías	Los TM están bien formados siguiendo la pauta	No	
3	Falta de formación en ajustes mecánicos durante el Cambio de Molde	Incidencias reportadas por el equipo SMED	Se tiene que ajustar la caída del macarrón por mala galgación del macho	Sí	
4	Contaminación interna o externa en la materia prima	Imanes detectores de metal	No hay evidencia de que se encuentren metales en el material de alimentación	NO	
5	Fallo comunicación de intervenciones especiales (TL, SMED, MNT)	Incidencias reportadas por el equipo SMED	Intervenciones planificadas en paralelo al cambio de molde no comunicadas al equipo SMED	Sí	
6	Falta de formación en apoyo al Cambio de Molde	Incidencias reportadas por el equipo SMED	Alargo de tiempo del cambio de molde por falta de personal de la línea o personal en formación en Cambio de Molde	Sí	
7	Variaciones de peso del depósito y tamaño de la colada	Comprobado con los técnicos durante el arranque	Variaciones de peso y ciclo de la sopladora en el arranque	Sí	




8	Falta de formación en cambio de periferia (producción)	Incidencias reportadas por el equipo SMED	Alargo de tiempo de cambio de la periferia y errónea intervención	Si	
9	Falta de formación en TPM (producción)	Comprobado con los técnicos responsables de la línea	TPM no hecho correctamente, empeora el rendimiento de la línea de producción	Si	
10	Reporting de producción poco fiable (KPI)	Balance reporting y piezas tiradas al molino	Estudio de material regenerado corrobora el reporting de producción	No	

Figura 69. Verificación de las posibles causas – A3. (fuente: elaboración propia)

Ahora que se tiene la confirmación de las causas influyentes, hay que proponer contramedidas a cada una de ellas para radicar las ineficiencias y variaciones en los inicios de lote. A parte de describir la contramedida para cada causa, hay que evaluar si el coste es elevado o no, si requiere una difícil implementación y la efectividad de la contramedida. Con esta evaluación, se obtiene una puntuación total que permite hacer una comparación entre todas las contramedidas y de esta manera, es más fácil ver cómo distribuir las prioridades.

Las contramedidas propuestas para cada una de las causas confirmadas son las siguientes:

Contramedida número 1: Revisión y mejora de las pautas de paro y arranque de la máquina sopladora utilizadas por el personal de producción. Hasta el momento, se usaba únicamente un tipo de pauta genérica para un paro por cambio de molde, o un paro de fin de semana o vacaciones. La revisión de las pautas se realiza de manera alineada con el estándar de la maquinaria, puesto que depende del tipo de husillo de las extrusoras y el tipo de cabeza que tiene la máquina sopladora. La implementación y puesta en marcha requiere su tiempo, ya que hay la rotación del personal a tres turnos y se utilizan estas pautas una vez por semana.

Contramedida número 3: Creación de instrucciones de trabajo para el montaje y galgación de las herramientas de la máquina sopladora durante un cambio de molde, a cargo del personal del equipo SMED. Estas instrucciones de trabajo especifican paso por paso cómo se debe trabajar y con la indispensable ayuda de imágenes. De esta manera, se busca la estandarización del montaje y así minimizar los re-ajustes posteriores por pequeñas diferencias de montaje.

Contramedida número 5: Creación de un nuevo plan de acciones para todas las posibles incidencias que se dan después de un cambio de molde en la máquina sopladora. Las incidencias son determinadas cuando, por una ineficiencia del cambio de molde, tiene

consecuencias en los indicadores KPI operacionales (Merma y Paro no planificado). De esta manera, el ingeniero de producción le reporta la incidencia al equipo SMED y se comenta semanalmente en las reuniones de seguimiento para asignarle una contramedida con fecha de implementación y responsable. También así se promueve una mejor comunicación entre los dos equipos de trabajo, avisando de las intervenciones planificadas y teniendo a disposición de ambos equipos, un panel en la propia línea para mejorar la comunicación.

Contramedida número 7: Implementación de una pieza patrón fotografiada dónde se aprecia el tamaño de la colada y el tanque, consiguiendo así una estandarización de la caída del macarrón en los arranques de la máquina sopladora. De esta manera, se puede prevenir cualquier variación del ciclo de la caída del macarrón, una caída de macarrón torcida y en consecuencia asegurar una correcta distribución de los espesores de la pieza.

Contramedida número 8: Continua formación del equipo de producción en los distintos cambios de molde y montajes de la periferia de la propia línea de producción. De esta manera, se gana polivalencia y autonomía en los cambios de producto de la línea, mejorando la sensibilidad a toda manipulación de garras de robots, sensores, topes mecánicos, frenos, etc que una errónea colocación provoca merma y paro no planificado durante los inicios de lote de producción.

Contramedida número 9: Formación de la realización del TPM (*Total Productive Maintenance*) del equipo de producción, ganando calidad en la ejecución y pulcritud en los preventivos de la línea. La realización del TPM se da una vez por semana y son de gran ayuda para disminuir el mantenimiento correctivo, es decir aquel que no se puede prevenir y hay que actuar inmediatamente sin una previa planificación. En el TPM se realizan limpiezas de filtros de bombas, filtros de tolvas, filtros de armarios eléctricos, purgas de tuberías, comprobación de ventosas y *venturis* de las garras de robot, comprobación de manómetros, limpieza de los mecanizados, entre otros. Estos preventivos están distribuidos en cuatro semanas y con dos equipos para cada semana respectivamente. Los incumplimientos de los preventivos suelen causar merma y paros no planificados tanto en inicios de lote de producción o medianos de lote.

A continuación, en la tabla 20 se resumen las contramedidas mencionadas anteriormente incluyendo la comparación entre ellas mediante una puntuación, ésta resalta la prioridad de cada una de ellas, y una confirmación de su implementación.







Posibles contramedidas						
#	Propuestas	Descripción	Costs High 1 Medium 3 Low 5	Implement. Difficult 1 Medium 3 Easy 5	Effect Low 1 Medium 3 High 5	Total Impl. ?
1	Revisión Pautas de paro y arranque	Definir las pautas de paro y arranque para los distintos tipos de paro siguiendo el estándar	3	5	5	75 
3	Creación de JIS para ajustes mecánicos (cambio de molde)	Realización de instrucciones de trabajo con la descripción de los pasos del ajuste mecánico con ayuda de fotos (galgación macho, ajuste pinzas extractoras, etc)	1	3	3	9 
5	Plan de reacción para las incidencias del cambio de molde	Implementación plan de reacción a las incidencias de cambio de molde	1	3	5	15 
7	Crear pieza patrón para estandarizar el tamaño y peso de la colada	Imprimir en un póster una pieza patrón (estándar) para poder compararla durante los arranques de máquina	1	1	3	3 
8	Realizar formación continua en apoyo al cambio de molde y en la periferia	Crear un sistema de formación continua para el personal de la línea a cargo del departamento de Technology	3	5	5	75 
9	Realizar una formación en TPM para el personal de producción	Planificar una formación para el personal de la línea en TPM a cargo del departamento de Mantenimiento	3	5	5	75 

Tabla 20. Posibles contramedidas y sus respectivas evaluaciones.
(fuente: elaboración interna)

Contramedida número 1: Coste medio puesto que se requiere apoyo de los técnicos especialistas del proceso, implementación difícil debido a la rotación de los tres turnos del personal de producción, efectividad alta dado el buen arranque de la máquina sopladora.

Contramedida número 3: Coste bajo de elaborar una instrucción de trabajo haciendo las fotografías pertinentes y describiendo las operaciones a realizar, implementación media a la hora de formar al nuevo personal del equipo de Cambio de Molde, efectividad media debido a la poca incorporación del personal nuevo para realizar este tipo de ajustes mecánicos.

Contramedida número 5: Coste bajo de llevar a cabo un plan de acciones a las incidencias reportadas durante el Cambio de Molde, implementación media debido al tiempo requerido para cerrar cada acción, efectividad alta debido a la solución de problemas atacando la causa raíz y planteando contramedidas robustas.

Contramedida número 7: Coste bajo de hacer una fotografía del depósito con la colada, implementación baja puesto que se imprime la fotografía y se deja como pieza patrón, efectividad media para comprobar al inicio de lote si las condiciones del depósito con la colada son iguales que la pieza patrón.

Contramedida número 8: Coste medio de asignar personal de producción al apoyo del Cambio de molde, implementación difícil puesto que hay mucha rotación de personal y dificulta una rápida y correcta formación, efectividad alta evitando nuevas incidencias durante los Cambios de molde.

Contramedida número 9: Coste medio para dedicar una formación de cuatro horas a los tres turnos de personal de producción, implementación difícil debido a la rotación y la planificación de la formación, efectividad alta al disponer de la línea de producción con los preventivos hechos correctamente.

Como se puede apreciar en la tabla 20, de las seis contramedidas propuestas todas ellas se han confirmado de forma alineada con todos los miembros del equipo del proyecto para llevar a cabo su respectiva implementación.

5.4. Implementar

5.4.1. Implementación del plan de acciones

El plan de acciones de este proyecto está constituido por todas las contramedidas mencionadas en el apartado anterior y que han estado confirmadas de llevar a cabo su implementación. Es por eso, que para cada una de ellas hay que asignarle un responsable y marcarle un rango temporal para que cumpla con la implementación de las acciones. De esta manera, se le podrá dar un seguimiento y control de cumplimiento en cada una de las acciones.

Para llevar a cabo esta asignación y acordar los plazos de realización, mediante las reuniones de seguimiento se les convoca y se discuten todas las contramedidas con detalle para que todo esté consensuado y acordado. A continuación, en la tabla 21 se puede apreciar cuál es el plan de acciones del proyecto a lo largo de las semanas anuales del año 2018.

#	Contramedida	Responsable	CW 13	CW 14	CW 15	CW 16	CW 17	CW 18	CW 19	CW 20	CW 21	CW 22	CW 23	CW 24	CW 25	CW 26	CW 27	CW 28	Comments
1	Revisión Pautas de Arranque y Paro	P.M J.M.B (proyectilista)																	
3	Creación de JIS para ajustes mecánicos (cambio de molde)	J.R																	
5	Plan de reacción para las incidencias del cambio de molde (Procedimiento)	J.R P.A																	Seguimiento del plan de reacción continuo
7	Crear pieza patrón para estandarizar el tamaño y peso de la colada	P.M J.M.B (proyectilista)																	
6	Realizar formación continua en apoyo al cambio de molde y en la periferia	J.E J.R																	Formación y seguimiento continuo
9	Realizar una formación en TPM para el personal de producción	J.E J.M.B (proyectilista)																	

Tabla 21. Plan de acciones para este proyecto. (fuente: elaboración propia)

5.4.2. Asegurar la realización de las acciones

El seguimiento del plan de acciones es una de las responsabilidades del ingeniero de producción de este proyecto, por lo cual deberá asegurarse de llevar a cabo todas las acciones descritas en el plazo estipulado.

De esta manera, se elabora el cuadro de seguimiento de la tabla 22 dónde únicamente se dará por cerrado una contramedida cuando esté completamente implementada y se le asignará la fecha de cierre correspondiente con su grado de efectividad de la contramedida.

Hasta el momento, la mayoría de contramedidas listadas en la tabla 21 se ha iniciado su implementación, pero no ha finalizado dicha implementación por completa. Por lo tanto, la fecha de implementación está en el estado de TBD (*To Be Defined*), no obstante, el proyecto seguirá su evolución natural con las contramedidas propuestas y antes de terminar el año 2018 las acciones acabarán estando cerradas.

Actualizado 16/06/2018				
#	Contramedida	Responsable	Fecha implementación	Eficiencia
1	Revisión Pautas de Arranque y Paro	P.M JM. B (proyectista)	22/05/2018	100%
3	Creación de JIS para ajustes mecánicos (cambio de molde)	J.R	TBD	
5	Plan de reacción para las incidencias del cambio de molde	J.R P.A	01/06/2018	100%
7	Crear pieza patrón para estandarizar el tamaño y peso de la colada	P.M JM. B (proyectista)	TBD	
6 8	Realizar formación continua en apoyo al cambio de molde y en la periferia	J. E J. R	TBD	
9	Realizar una formación en TPM para el personal de producción	J. E JM. B (proyectista)	14/06/2018	100%

Tabla 22. Seguimiento plan de acciones. (fuente: elaboración propia)

5.5. Controlar

5.5.1. Revisión de los resultados después de la implementación

Tal y como se ha definido en el apartado 5.3.4, los objetivos establecidos de Paro no Planificado medido en horas y de Merma medido en cantidad de piezas rechazadas eran del 30%. Una vez transcurrido el tiempo de implementación de las contramedidas anteriormente comentadas, hay que contrastar los resultados y ver si se han podido conseguir los objetivos.

En el caso de la línea S-12, se elabora la siguiente tabla 23 dónde se aprecia la situación inicial analizada durante Agosto 2017 – Enero 2018 en la primera fila de la tabla 23, la situación de las últimas semanas 6CW – 20CW año 2018 en la segunda fila de la tabla 23 y el balance cuantitativo de cada producto y de la línea en general. Para calcular el balance monetario, se multiplica el costo del Downtime por la diferencia de horas la situación *Start* y la situación final *End*. Lo mismo se aplica para el Scrap y se obtiene su balance correspondiente.

S12 Products	Renault HFE	Sharan COEX	Sharan Mono	Line average
Start - Downtime Average (hours) out of 24 hours	2,74	4,67	3,19	3,56
End - Downtime Average (hours) out of 24 hours	2,61	3,33	1,78	2,58
Balance (€)	12,69 €	110,21 €	138,63 €	87,17 €
Start - Scrap average (parts) during first 24 hours	29	16	21	22
End - Scrap average (parts) during first 24 hours	13	7	9	10
Balance (€)	233,71 €	162,14 €	274,13 €	223,32 €
				310,50 €

Tabla 23. Contraste y balance monetario de los resultados en la S-12. (fuente: elaboración propia)

S12 Products	Renault HFE	Sharan COEX	Sharan Mono	Line average
Downtime Goal (hours) out of 24 hours	1,92	3,27	2,23	2,49
Scrap goal (parts) during first 24 hours	20	11	15	15

Tabla 24. Objetivos establecidos con una reducción del 30% en la S-12. (fuente: elaboración propia)

En la figura 89, se aprecia un ahorro económico promedio de **310,50€/inicio de lote** en los cuáles el objetivo de la reducción del 30% (tabla 24) tanto en Paro no Planificado como en Merma si que se ha cumplido.

En el caso de la línea S-22, se elabora la siguiente tabla 25 dónde se aprecia la situación inicial analizada durante Agosto 2017 – Enero 2018 en la primera fila de la tabla 25, la situación de las últimas semanas 6CW – 20CW año 2018 en la segunda fila de la tabla 25 y el balance cuantitativo de cada producto y de la línea en general. Para calcular el balance monetario, se multiplica el costo del Downtime por la diferencia de horas la situación *Start* y la situación final *End*. Lo mismo se aplica para el Scrap y se obtiene su balance correspondiente.

S12 Products	CD 4.1	CD 4.2 AWD	CD 4.2 FWD	MQB	Line average
Start - Downtime Average (hours) out of 24 hours	3,99	2,53	7,85	6,29	4,40
End - Downtime Average (hours) out of 24 hours	4,78	2,75	6,74	4,02	4,36
Balance (€)	-112,58 €	-66,52 €	286,52 €	255,59 €	90,75 €
Start - Scrap average (parts) during first 24 hours	43,40	21,80	73,00	103,00	45,30
End - Scrap average (parts) during first 24 hours	27,63	19,80	46,33	41,14	32,48
Balance (€)	274,01 €	37,96 €	500,53 €	629,09 €	360,40 €
					451,15 €

Tabla 25. Contraste de los resultados en la S-22. (fuente: elaboración propia)

S12 Products	CD 4.1	CD 4.2 AWD	CD 4.2 FWD	MQB	Line average
Downtime Goal (hours) out of 24 hours	2,79	1,77	5,50	4,40	3,08
Scrap goal (parts) during first 24 hours	30	15	51	72	32

Tabla 26. Objetivos establecidos con una reducción del 30% en la S-22.

(fuente: elaboración propia)

En la figura 91, se aprecia un ahorro económico promedio de **451,15€/inicio de lote** en los cuáles el objetivo de la reducción del 30% (tabla 26) hay algunos productos que han cumplido y otros no, aunque el balance total sale positivo.

5.5.2. Asegurar polivalencia de implementación del sistema en cualquier línea de producción

Cuando se trata de un proyecto de mejora inicialmente focalizado en aquellas líneas con mayor necesidad debido a su desempeño como es el caso de la S-22, y se ve que ha mejorada los indicadores KPI operacionales, es lógico que su implementación trascienda a otras líneas de la misma planta de producción. No obstante, al ser una multinacional con constantes *Benchmarking* operacionales y reuniones de *Lessons Learned* entre plantas del grupo, fácilmente se puede llegar a compartir este proyecto polivalente entre todas ellas.

De hecho, ya se está compartiendo las buenas prácticas de algunas contramedidas con el resto de plantas del grupo que fabrican el mismo tipo de producto.

5.5.3. Retirada herramienta y análisis, mejora continua

Las contramedidas acordadas e implementadas a realizar para mejorar los puntos de posibles causas definidos son mayoritariamente a medio y largo plazo, puesto que la mejora de los procesos de producción, depende directamente de la planificación semanal de la línea. Por lo tanto, los resultados se verán afectados por el número de cambios de producto en un tiempo determinado.

6. Presupuesto del proyecto de mejora

Para elaborar el presupuesto del proyecto de mejora llevado a cabo en las instalaciones de Kautex (KISA) hay que tener en cuenta el trabajo realizado por el proyectista-consultor y el trabajo realizado por el personal de la propia empresa Kautex.

En primer lugar, se calcula la inversión inicial que supone este proyecto de mejora al proyectista, contemplando un coste de 60€/hora, tal y como se muestra en tabla 27. En total, el presupuesto consta de 300horas que equivalen a **18.000€** de inversión inicial.

Coste proyectista-consultor (60€/hora)		
Etapas DMAIC	Horas dedicadas	Coste (€)
Definir	30	1.800 €
Medir	70	4.200 €
Analizar	60	3.600 €
Implementar	100	6.000 €
Controlar	40	2.400 €
Total	300	18.000 €

*Tabla 27. Coste proyectista en la elaboración del proyecto de mejora
(fuente: elaboración propia)*

En segundo lugar, se calcula la inversión inicial que supone implementar todas las contramedidas del proyecto de mejora, contemplando un coste de 80€/hora, tal y como se muestra en la tabla 28. En total, el presupuesto consta de 182horas que equivalen a **14.560€** de inversión inicial.

Coste empresa Kautex (KISA) (80€/hora)		
Contramedidas	Horas dedicadas	Coste (€)
Revisión Pautas de paro y arranque máquina sopladora	30	2.400 €
Creación de JIS para ajustes mecánicos (cambio de molde)	5	400 €
Plan de reacción para las incidencias del cambio de molde	7	560 €
Crear pieza patrón para estandarizar el tamaño y peso de la colada	15	1.200 €
Realizar formación continua en apoyo al cambio de molde y en la periferia	100	8.000 €
Realizar una formación en TPM para el personal de producción	25	2.000 €
Total	182	14.560 €

*Tabla 28. Coste Kautex por la implementación de las contramedidas del proyecto de mejora
(fuente: elaboración propia)*

Finalmente, se calcula el ahorro económico anual de cada línea de producción (S-12 y S-22) multiplicando el número de inicios de lote por el ahorro promedio de cada línea calculado en

el apartado 5.5.1. De esta manera, se obtiene el estudio de viabilidad económica con un horizonte de dos años y una tasa de interés del 10% mostrado en la tabla 29.

Estudio de viabilidad (2 años vista)			
Inversión inicial (€)	Año 0	Año 1	Año 2
- Coste proyectista-consultor	18.000 €		
- Coste empresa Kautex (KISA)	14.560 €		
Ahorro anual (€)			
+ Línea de producción S-12 (310,5€/inicio de lote x 45 inicios al año)		13.973 €	13.973 €
+ Línea de producción S-22 (451,15€/inicio de lote x 49 inicios al año)		22.106 €	22.106 €
Flujo de tesorería (€)	-32.560 €	36.079 €	36.079 €
Flujo de tesorería acumulado (€)	-32.560 €	3.519 €	39.598 €
VAN (€)	27.323,81 €		
Payback (años)	1		

Tabla 29. Estudio de viabilidad económica del proyecto de mejora (fuente: elaboración propia)

Por lo tanto, la inversión inicial se amortiza en el primer año tal y como muestra la siguiente figura 70.

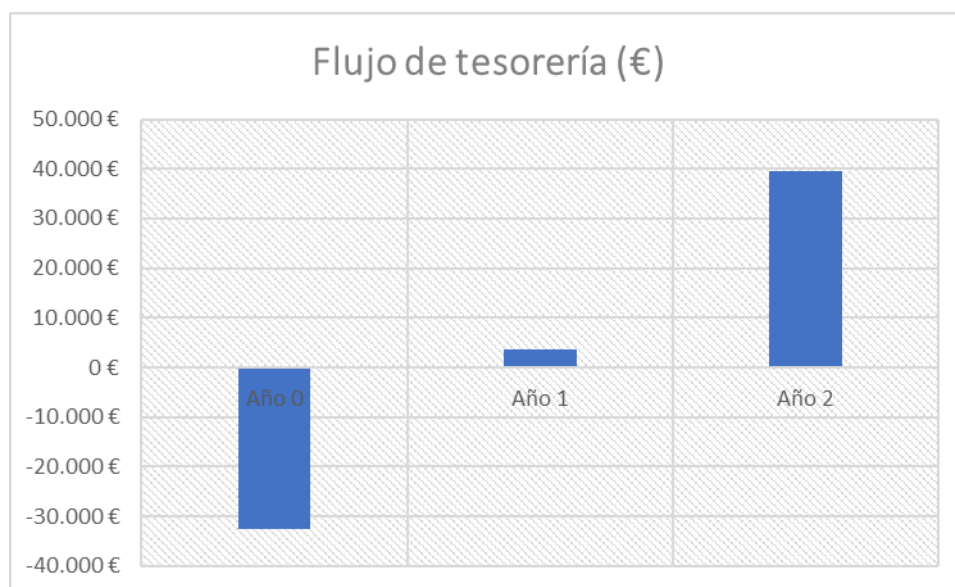


Figura 70. Flujo de tesorería (fuente: elaboración propia)

7. Impacto medioambiental

A continuación, se detalla el impacto medioambiental de cada una de las resoluciones de problemas de este proyecto.

El impacto medioambiental de las contramedidas para llevar a cabo el proyecto de mejora propuesto según la metodología DMAIC es el siguiente:

Papel: Se requiere de una pauta de arranque y una pauta de paro para cada semana, en total dos hojas de papel. También se utiliza papel DIN-A3 para la pieza patrón del depósito con la colada, en total siete hojas de papel, una para cada producto.

En cuanto al impacto medioambiental de los resultados operacionales obtenidos hasta el momento se tiene:

Merma: La reducción de merma logrado gracias a la implementación del proyecto de mejora, supone una reducción del rechazo de plástico y componentes.

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, se puede concluir que este proyecto reduce el impacto ambiental del proceso, principalmente gracias a la reducción de la merma, fruto de la implementación de las contramedidas propuestas en el proyecto de mejora.

8. Conclusiones

Al iniciar este proyecto, la incertidumbre de cómo se va a mejorar un inicio de lote de producción en el que se trata de las líneas más críticas en cuanto a resultados operacionales, puede ser un hándicap para emprender dicho proyecto, ya sea por la generalidad o complejidad de los problemas dados en una línea de producción de extrusión y soplado. Aunque él o los problemas en sí no estaban claramente determinados, si estaba claro que había un margen de mejora en la reducción de ineficiencias y despilfarros en cuanto a merma y paro no planificado en el inicio de lote de producción. Al disponer de un alcance de proyecto tan general, el enfoque del análisis se ha dado tanto en problemas técnicos puntuales, como en sistemas de gestión y ejecución. Es aquí donde el proyectista debe de analizar la situación de partida con un equipo multidisciplinar, definir unos objetivos para cada línea de producción, plantear cualquier posible idea de mejora y sobre todo ejecutar aquellas contramedidas que hacen tener más cerca el objetivo fijado.

Cabe destacar que las empresas manufactureras del sector de la automoción, vienen muy influenciadas por la cultura japonesa, más en concreto por el sistema de producción de la compañía TOYOTA. De hecho, la filosofía de la empresa TOYOTA está tan interiorizada que la mayoría de herramientas de mejora continua como 5S, TPM, SMED, DMAIC entre otras son utilizadas en Kautex. En este proyecto de mejora, se ha utilizado la metodología *Lean Six Sigma* para definir un continuo mejoramiento del proceso de producción, uniendo la eliminación de despilfarros de la metodología *Lean Manufacturing* y la reducción de las variaciones de cada inicio de lote respectivamente de la metodología *Six Sigma*. Aplicando esta metodología, se implementa el proyecto por sus cinco etapas correspondientes a la herramienta de mejora DMAIC.

Tras la etapa analizar, se ha visto claramente que la mayoría de problemas que causan Paros No Planificado y Mermas, vienen por problemas en el área de la máquina sopladora, la zona de pelado del depósito y la conformadora, es decir todas aquellas estaciones anteriores al *Paternoster* (tiempo de espera y enfriamiento de la pieza). De hecho, es el área más compleja y por tanto de la que requiere una formación técnica superior al resto de áreas. También es dónde hay más elementos que son manipulados por varios equipos de personal cómo puede ser el equipo SMED cuando efectúa un cambio de molde o el personal de producción, es aquí donde la comunicación entre ambos equipos es un factor clave.

Hasta el momento, las mejoras propuestas han tenido una influencia significativa en la línea de producción S-12 por lo que los objetivos definidos han sido cumplidos satisfactoriamente, donde las contramedidas propuestas han sido eficaces e influenciadas por las numerosas entradas de producto en línea que han permitido su estabilización al inicio de producción. En cambio, en la línea de producción S-22 el objetivo definido no ha sido cumplido con

excelencia, pero si que ha habido una mejora respecto la situación de partida. Principalmente, se debe a que en esta línea dispone de más productos con distintas frecuencias de producción entre ellos y esto dificulta la estabilidad en los inicios de lote para un tiempo de estudio a corto plazo como se ha dado en este caso. Finalmente, las contramedidas implementadas en la línea S-22 se espera que den una máxima eficacia a mediano o largo plazo, de esta manera, la oportunidad de mejorar en cada inicio de lote será mayor.

9. Agradecimientos

En primer lugar, dar mi agradecimiento a Kautex Textron Ibérica S.L. (KISA) por brindarme la oportunidad de analizar con más profundidad la planta industrial en la cual trabajo como Ingeniero de Producción. Especialmente al director del proyecto y a la vez directivo de la empresa Josep Esqué Rodríguez por constante seguimiento y apoyo durante todas las fases del proyecto. Sobre todo, me he apoyado en él cuando en algunas de las contramedidas propuestas ha habido dificultades o retrasos de implementación.

En segundo lugar, dar mi agradecimiento a todos los miembros del equipo de este proyecto por su desempeño con el trabajo realizado, siendo de apoyo cuando ha sido necesaria su aportación ya sea técnica o de gestión.

En tercer lugar, a mi tutor del trabajo Manel Mateo Doll, me gustaría darle las gracias por aceptar mi propuesta de trabajo desde un principio, realizar reuniones de seguimiento y ayudarme en la cohesión de redacción del trabajo.

Agradecer el apoyo incondicional de mi familia, ya que siempre que lo he necesitado he podido contar con ellos. También agradecer a todos los amigos y compañeros de trabajo que me han escuchado cuando me he desahogado explicándoles a ellos mi idea y el desarrollo de mi trabajo de fin de máster.

10. Bibliografía

- [1] Kautex Textron GmbH & CO, [<https://www.kautex.de/en>, 20 de Febrero de 2018]*. [URL, fecha de consulta].

- [2] Kautex Textron GmbH & CO, *Manufacturing Basics – Integral part of the COMET Business System* [Global Manufacturing]*, [Departamento] p. 2-92.

- [3] Kautex Textron GmbH & CO, *Kautex Process Standard - Startup and Shutdown BMM* [Global Manufacturing]*, [Departamento]

- [4] David Hutchins, *Just in time* (second edition). Gower: 1999, p. 6-7

- [5] Lluís Cuatrecasas, *Procesos en flujo Pull y gestión Lean. Sistema Kanban*, Edición Díaz de Santos.

- [6] Jeffery K. Liker, *Las claves del éxito de Toyota*, Editorial Gestión 2000.

- [7] Fernando Hermenegildo Caudevilla, *Como ahorrar aplicando la filosofía "Lean" en fábrica y almacenes*, [<https://www.youtube.com/watch?v=vVMdEfHnHcE>, 14 de abril de 2018]*, [URL video-conferencia, fecha de consulta]